

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra hydromechaniky a hydraulických**  
**zařízení**

**Kontrola a optimalizace současného**  
**hydraulického okruhu pro sklápění u**  
**vozidel TATRA**

**Check and Optimization of the**  
**Current Hydraulic System for Tipping**  
**in TATRA Vehicles**

Student:	Bc. Tomáš Kiszka
Osobní číslo:	KIS0042
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Adam Bureček, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Kiszka**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2302T043 Hydraulika a pneumatika  
Téma: **Kontrola a optimalizace současného hydraulického okruhu pro sklápění u vozidel TATRA**  
**Check and Optimization of the Current Hydraulic System for Tipping in TATRA Vehicles**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu hydraulického obvodu pro sklápění a popis funkce.
2. Sestavení numerického modelu a simulace současného hydraulického obvodu pro sklápění v prostředí Matlab Fluids.
3. Návrh optimalizací pro dosažení požadovaných parametrů.
4. Simulace optimalizovaného hydraulického obvodu pro sklápění.
5. Porovnání výsledků simulací současného a optimalizovaného hydraulického obvodu pro sklápění.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. DREXLER, P., FAATZ, H., et al. *Projektování a konstrukce hydraulických zařízení. Příručka hydrauliky, Svazek 3*. Mannesmann Rexroth GmbH, RCS 00281/10.88, 1. vydání, 362 str., 1988, ISBN 3-8023-02664.
2. PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy, díl 2. Řídící prvky hydrostatických systémů. Příslušenství hydraulických obvodů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008, 2. vyd., 140 s. ISBN 978-80-248-1827-6.
3. PIVOŇKA, J. a kol. *Tekutinové mechanismy*. SNTL, Praha 1987, 04-255-87, 623 s.
4. DÖRR, H., EWALD, R., et al. *Der Hydraulik Trainer Band 2, Proportional - und Servoventil - Technik*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth GmbH, 1986. ISBN 3-8023-0898-0.
5. BAROŠKA, J. *Hydrostatické mechanismy*. Hydropneutech s.r.o., Žilina 2012, 388 s., ISBN 978-80-970 897-2-6.
6. THE MATHWORKS: *Matlab Simulink User's Guide, SimHydraulics User's Guide*. USA, 2007.
7. BEATER, P. *Entwurf hydraulischer Maschinen: Modellbildung, Stabilitätsanalyse und Simulation hydrostatischer Antriebe und Steuerungen*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1999. 259 s., ISBN 3-540-65444-5.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Adam Bureček, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



---

doc. Dr. Ing. Lumír Hružík  
vedoucí katedry



---


prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použil interní údaje o technických parametrech hydraulického obvodu od firmy TATRA a.s., firma s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě 18. května 2020

  
.....

Podpis studenta

Prohlášení spolupracující osoby

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v diplomových studijních programech VŠB-TU Ostrava.

Spolupracující firma:

**TATRA TRUCKS a.s.**  
**Areál Tatro 1450/1**  
**742 21 Kopřivnice**  
**Czech Republic**  
**IČO: 01482840**

Jméno a příjmení oprávněné osoby: Ing. Zdeněk Koňářík  
technický ředitel

V Kopřivnici dne 18. května 2020.

**TATRA TRUCKS a.s.**  
**Areál Tatro 1450/1**  
**742 21 Kopřivnice**

-25-

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18 května 2020.



Podpis studenta

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KISZKA,T. *Kontrola a optimalizace současného hydraulického okruhu pro sklápění u vozidel TATRA: diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2020, 58s. Vedoucí: Bureček, A.

Diplomová práce se zabývá kontrolou a optimalizací současného hydraulického okruhu pro sklápění u vozidel TATRA. V úvodní části se zabývám specifikací použitých prvků v hydraulickém okruhu. Dále je práce zaměřena na tvorbou simulačního modelu v softwaru Matlab a nakonec se zabývám samotným simulováním více variant modelu a jejich vyhodnocením.

## ANNOTATION MASTER THESIS

KISZKA,T. *Check and Optimization of the Current Hydraulic System for Tipping in TATRA Vehicles: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Devices, 2020, 58p. Thesis head: Bureček, A.

The master thesis deals with the control and optimization of the current hydraulic circuit for tipping in TATRA vehicles. In the first part I deal with the specification of the elements used in the hydraulic circuit. Furthermore, the work is focused on creating a simulation model in Matlab software and finally I deal with the simulation of several variants of the model and their evaluation.

## Obsah

1	Typy nákladních automobilů.....	4
2	Časy zvedání, spouštění a silové poměry v jednočinném teleskopickém hydromotoru.....	6
3	Specifikace prvků hydraulického obvodu pro sklápění korby .....	10
4	Popis funkce hydraulického obvodu .....	23
5	Matematický model hydraulického systému.....	31
5.1	Teorie modelování .....	31
5.2	Matlab .....	32
6	Popis simulačního modelu .....	33
7	Porovnání výsledků simulace.....	44
7.1	Obvod nastaven dle současného stavu.....	44
7.2	Obvod s hadicemi o světlosti 25 mm.....	46
7.3	Obvod s většími světlostmi hydraulických rozváděčů R1 a R3 .....	47
7.4	Obvod s kombinací zvětšení světlosti rozváděčů i světlosti hadic .....	48
7.5	Obvod s většími světlostmi rozváděčů, hadic, větší hydrogenerátor.....	49
7.6	Výsledné porovnání zdvihu pístu hydromotoru.....	51
8	Závěr .....	52
9	Seznam použité literatury.....	54



## Seznam veličin

Značka	Název veličiny	Jednotka
$F_v$	Síla v HM	N
$F_x$	Vodorovná složka síly v HM	N
$F_y$	Svislá složka síly v HM	N
$L_{max}$	Maximální vysunutí hydromotoru	mm
$m$	Hmotnost	m
$n$	Otáčky	$\text{min}^{-1}$
$n_{max}$	Maximální otáčky	$\text{min}^{-1}$
$n_{prac}$	Pracovní otáčky	$\text{min}^{-1}$
$p$	Tlak	MPa
$p_{max}$	Maximální pracovní tlak	MPa
$\Delta p$	Tlakový spád	MPa
$Q$	Průtok	$\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
$Q_{max}$	Maximální průtok	$\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
$t$	Teplota	$^{\circ}\text{C}$
$V_g$	Geometrický objem	$\text{dm}^3$
$\alpha$	Úhel naklopení korby	$^{\circ}$
$\beta$	Úhel naklopení hydromotoru	$^{\circ}$
$\nu$	Kinematická viskozita	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
$\rho$	Hustota kapaliny	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

# Úvod

Cílem této diplomové práce je optimalizovat hydraulický obvod pro sklápění korby TATRY T158 – PHOENIX 6x6 S3 tak, aby sklápění korby bylo rychlejší. Pomalé sklápění může být způsobeno různými způsoby: nevhodným zvolením průměru hadic, zúžením ve šroubení, nebo malým průtokem kapaliny v obvodu.

I když samotné sklápění netrvá moc dlouho, jen několik sekund, tak zákazníci kupující nové nákladní auto chtějí, aby sklápění tohoto auta bylo co nejrychlejší, i přesto, že na trase několik kilometrů se délka sklápění nijak zvlášť neprojeví, ale na trase jen pár desítek metrů se čas tohoto sklápění může projevit a šofér nákladního auta vykoná za pracovní směnu více tras než kdyby měl auto s pomalým sklápěním.

Sklápění korby nákladních automobilů je prováděno pomocí hydraulické kapaliny. Na nákladním automobilu můžeme hydrauliku také najít u řízení, kde se rotační pohyb volantové tyče převádí na tlak kapaliny. Tato kapalina dále působí v hydraulickém válci, který otáčí kolem a díky tomuto pohybu může auto zatáčet. Hydrauliku také můžeme najít na různých nastavbách strojů. U sklápěče krom sklápění korby, může být hydraulika použita u otvírání bočnic při sklápění. U valníků může být součástí nastavby hydraulická ruka, nebo u popelářských aut, kde se pomocí hydrauliky lisují odpadky.

Úvodní část této diplomové práce se bude zabývat popisem typů sklápěcích nákladních aut, specifikací prvků hydraulického obvodu zvedání korby a průběhem tlaku a sil v hydromotoru. Dále budou popsány jednotlivé varianty obvodu sklápění. Následně se tato práce bude zabývat teorií modelování a samotným programem Matlab, který byl použit pro modelování hydraulického obvodu a samotnou simulaci. Sestavovaný model bude zjednodušen tak, aby vyhovoval realitě a zároveň, aby v tomto programu byl realizovatelný. Následně tento model bude simulován v několika variantách nastavení prvků obvodu a tyto varianty budou porovnány, úkolem těchto simulací je najít variantu s nejkratší dobou sklápění.

# 1 Typy nákladních automobilů

Nákladní automobily slouží k přepravě různých materiálů, ať už sypkých, pevných, kapalných nebo plyných. Pro všechny tyto druhy materiálu jsou vytvořeny různé typy nástaveb jako jsou valníky, sklápěče, podvalníky, cisterny a jiné. Cílem této práce je řešit problematiku sklápění, a proto se budu dále zabývat různými typy sklápěčů.

## **Sklápěč**

Tento druh nákladního automobilu je podobný valníku, avšak sklápěč, jak už vyčteme z názvu, se může sklápět. Může mít nástavbu jak vanové konstrukce, tak rovnou plochu s otvíracími bočnicemi. Sklápění tohoto auta můžeme rozdělit do tří skupin.

### **Jednostranný sklápěč**

Může vysypávat materiál jen dozadu. Bočnice má pevné spojené s čelem nástavby. Zadní čelo je sklopné, výklopné nebo úplně chybí. Válec pro zvedání korby je umístěn před předním pevným čelem, nebo pod korbou. Tento typ sklápěče můžeme vidět na obrázku 1.1



*Obrázek 1.1 Jednostranný sklápěč*

### **Dvojstranný sklápěč**

Na obrázku 1.2 je sklápěč, u kterého můžeme korbu sklápět jen do stran. Zvedací hydraulické motory má umístěné pod korbou. Na dalším obrázku 1.3 je tzv. stranový sklápěč. Tento sklápěč má hydraulické motory před a za korbou. U obou těchto variant sklápěčů je přední i zadní čelo pevné. Tento typ nákladního automobilů se nejčastěji používá s přívěsem. Díky pevnému zadnímu čelu, můžeme vysypat náklad bez odpojení přívěsu.



*Obrázek 1.2 Dvoustranný sklápěč [2]*



*Obrázek 1.3 Stranový sklápěč [3]*

### **Třístranný sklápěč**

U tohoto nákladního auta viz obrázek 1.4 je zdvihací mechanismus umístěn uprostřed pod korbou. Díky tomuto umístění může korbu sklápět jak do stran, tak dozadu - jako u jednostranného sklápěče.



*Obrázek 1.4 Třístranný sklápěč [4]*

## 2 Časy zvedání, spouštění a silové poměry v jednočinném teleskopickém hydromotoru

### Časy zvedání a spouštění

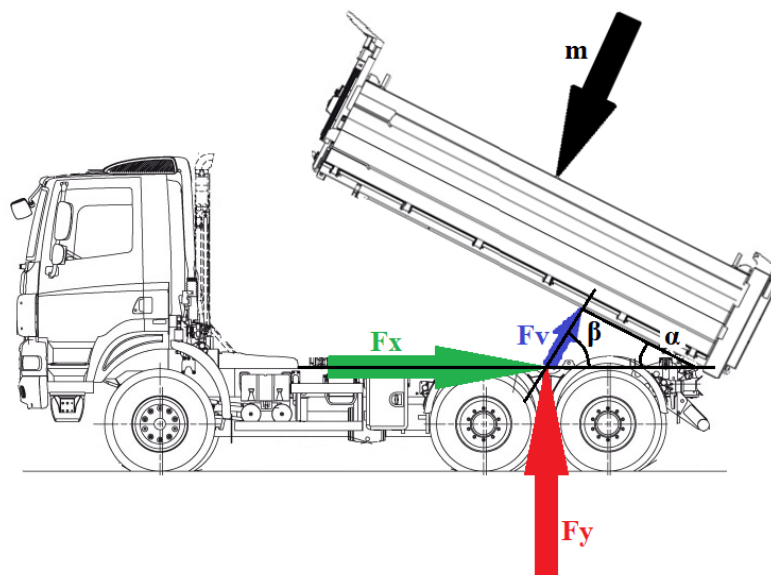
Úkolem této diplomové práce je zrychlit sklápění korby. Rychlejší sklápění může mít za následek to, že řidič zvládne za stejný čas více jízd, a tím pádem udělá větší pracovní výkon. V tabulce 2.1 jsou uvedeny časy zvedání a časy spouštění u vozů TATRA T158 6x6 S3 a Man 6x4. Z této tabulky je zřejmé, že rychlost zvedání korby u Tatry a Manu je stejná, ale spouštění korby je rozdílné. Spouštění u vozidla Tatra je pomalejší. To že spouštění korby u vozu Tatra je pomalejší a naopak zvedání je i při vyšších otáčkách stejně rychlé jako u Manu, nám může napovědět, že v hydraulickém okruhu sklápění Tatry vznikají větší místní ztráty.

Tabulka 2.1 Časy sklápění

Vozidlo	Druh sklápěče	Otáčky motoru	Teplota okolí	Čas zvedání	Čas spouštění
[-]	[-]	[min <sup>-1</sup> ]	[°C]	[s]	[s]
TATRA T158 6x6 S3	Třístranný	1200	6	12,5	17
Man 6x4	Třístranný	900	6	13	15

### Silové poměry v jednočinném teleskopickém hydromotoru

Korba nákladního auta se zvedá pomocí hydromotoru, který je navržen a umístěn tak, aby vyzvedl požadovanou užitnou hmotnost. Na nákladním autě TATRA T158 – PHOENIX 6x6 S3 je namontován jednočinný teleskopický hydromotor s 5 stupni. Na tomto hydromotoru bylo naměřeno, že při zvedání korby, na které je rovnoměrně naložen náklad o hmotnosti  $m = 25\,000\text{ kg}$ , je zapotřebí tlak  $p = 11,86\text{ MPa}$ , aby se začala korba zvedat. Největší tlak je  $p = 17,44\text{ MPa}$ , tento tlak je v místě, kdy se začíná vysouvat píst 4 stupně viz obrázek 2.2. Závislost průběhu síly v hydromotoru je na obrázku 2.3. Největší sílu  $F_{HM} = 318644\text{ N}$  musí hydromotor vyvinout taktéž při začátku zvedání korby, to je při úhlu naklopení korby  $\alpha = 0^\circ$  viz. tabulka 2.2 kde jsou také zapsány průběhy všech naměřených sil a tlaků. Na obrázku 2.1 je znázorněno rozložení sil v hydromotoru a jednotlivé úhly. Na obrázku 2.4 je závislost průběhu síly na poloze pístu.



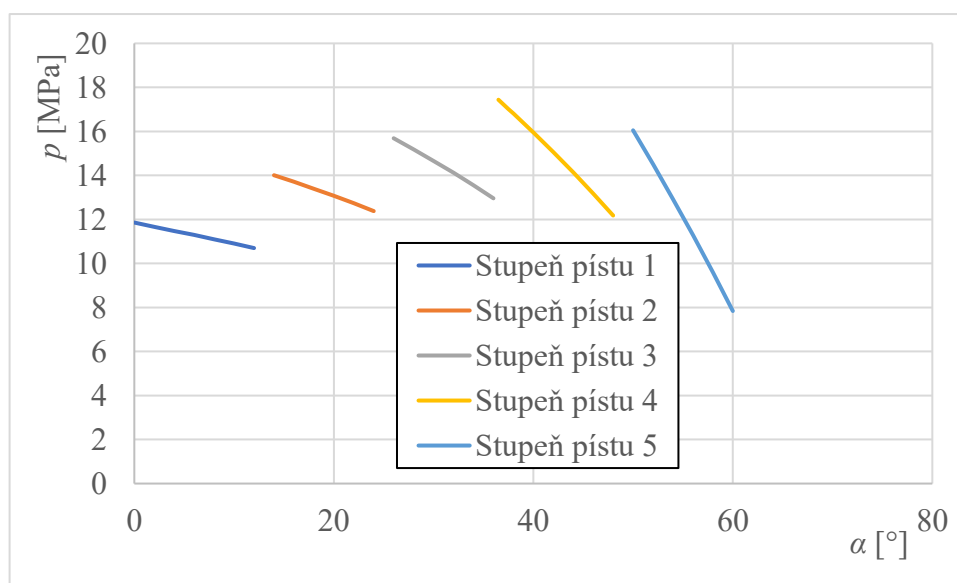
Obrázek 2.1 Silové poměry v hydraulickém válci <sup>[20]</sup>

Tabulka 2.2 Průběhy síly a tlaků v jednočinném teleskopickém hydromotoru

Stupeň pístu	Úhel naklonění korby	Úhel naklonění HM	Síla v HM	Vodorovná složka síly v HM	Svislá složka síly v HM	Tlak ve v HM
[-]	$\alpha$ [°]	$\beta$ [°]	$F_{HM}$ [N]	$F_x$ [N]	$F_y$ [N]	$p$ [MPa]
1	0	79,7	318644	56629,8	-313483,3	11,86
1	2	79,9	313560	54754,5	-308657	11,67
1	4	79,9	308537	53866	-303714,6	11,48
1	6	79,8	303471	53703,9	-298597,7	11,3
1	8	79,5	298291	54075,1	-293264,8	11,1
1	10	79,2	292949	54831,9	-287986	10,9
1	12	78,7	287407	55858,2	-281839,8	10,7
2	14	78,3	281640	57060,6	-275710,5	14,01
2	16	77,7	275628	58362,1	-269286,9	13,72
2	18	77,1	269353	59698,1	-262561,3	13,4
2	20	76,5	262804	61013,2	-255528,7	13,08
2	22	75,9	255970	62259	-248185,9	12,74
2	24	75,2	248841	63392,6	-240531,9	12,38
3	26	74,5	241409	64375,6	-2332567	15,69
3	28	73,8	233666	65172,9	-224291,8	15,19

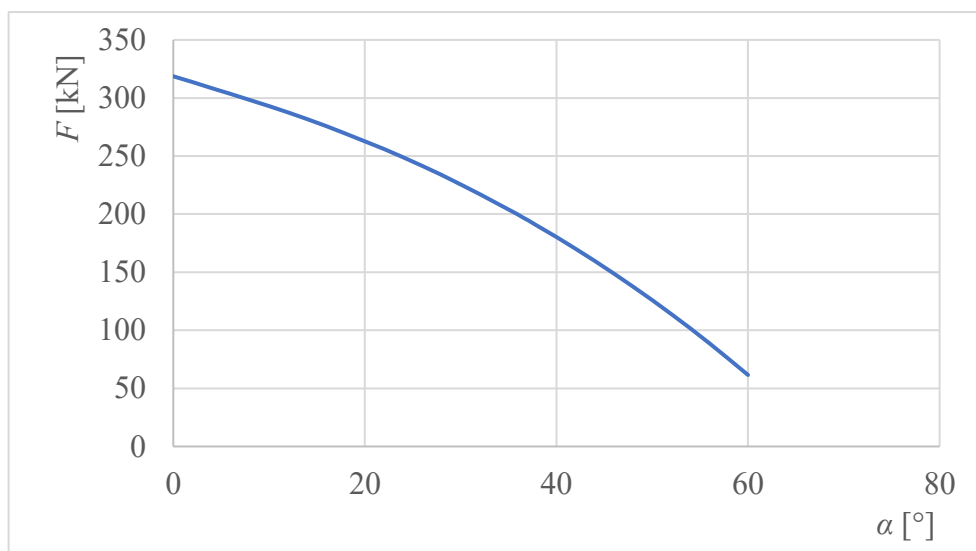
3	30	73	225606	65752,1	-215709,4	14,66
3	32	72,2	217222	66083,1	-206822,7	14,12
3	34	71,5	208506	66137,4	-197635,6	13,55
3	36	70,7	199453	65888,2	-188152,7	12,96
4	36,5	70,5	197136	65775,4	-185736,3	17,44
4	37	70,3	194797	65641,6	-183301,8	17,23
4	37,5	70,1	192437	65486,4	-180849,4	17,02
4	38	69,8	190055	65309,5	-178379	16,81
4	40	69	180305	64376,4	-168320,1	15,95
4	42	68,2	170196	63064,6	-157982,1	15,06
4	44	67,4	159720	61350,5	-147371,2	14,13
4	46	66,5	148868	59210,6	-136494,1	13,17
4	48	65,7	137633	56622	-125357,7	12,18
5	50	64,8	126003	53561,5	-113969,1	16,05
5	52	63,9	113970	50006,1	-102335,5	14,52
5	54	63	101521	45932,7	-90464,3	12,93
5	56	62,2	88646	41317,8	-78363	11,29
5	58	61,3	75329	36137,4	-66039	9,6
5	60	60,4	61559	30367,2	-53499,6	7,84

Z grafu na obrázku 2.2 je zřejmé, že největší tlak je v bodě, kdy se začíná vysouvat píst 4 stupně. Naopak nejmenší tlak je při úplném vysunutí 5 stupně pístu hydromotoru.

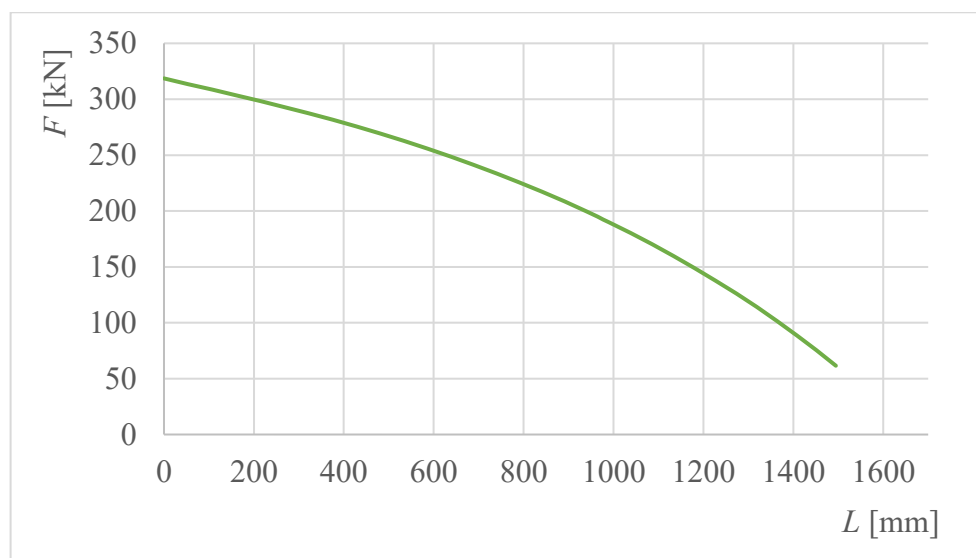


Obrázek 2.2 Závislost tlaku ve válci na naklopení korby

Z grafů na obrázcích 2.3 a 2.4 je patrné, že hydromotor musí vyvinout největší sílu na počátku vysouvání pístů hydromotoru, tedy při nulovém vysunutí.



Obrázek 2.3 Závislost průběhu síly v hydromotoru na úhlu naklopení korby



Obrázek 2.4 Závislost průběhu síly v hydromotoru na poloze pístu hydromotoru



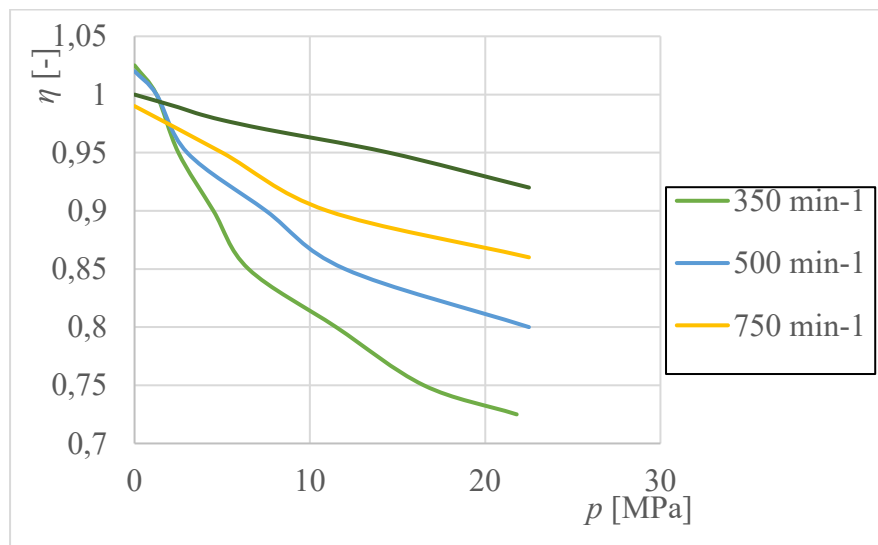
### 3 Specifikace prvků hydraulického obvodu pro sklápění korby

#### Hydrogenerátor-HG

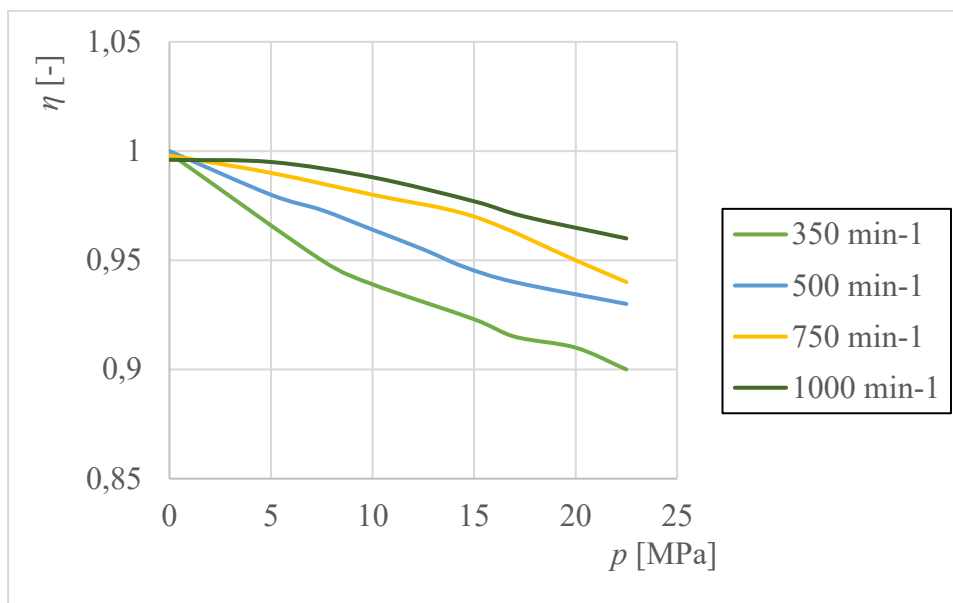
V obvodu je použit hydrogenerátor, viz. obrázek 3.1 od výrobce O.M.F.B typ LTMH 100 ISO. Jedná se o zubový hydrogenerátor s vnějším ozubením a s vymezením axiální vůle. Toto čerpadlo má geometrický objem  $V_G = 100 \text{ cm}^3$ , je určeno pro maximální otáčky  $n_{max} = 1800 \text{ min}^{-1}$  a maximální tlak  $p_{max} = 22 \text{ MPa}$ . Hydrogenerátor je konstruován pro obousměrný provoz a má přírubu ISO. Hydrogenerátor je poháněn pomocí spalovacího motoru. Tento motor pracuje při otáčkách  $n = 850 \text{ min}^{-1}$ , hydrogenerátor je upevněn na převodovce a převodován na otáčky  $n_{prac} = 935 \text{ min}^{-1}$ . Na obrázku číslo 3.2 a 3.3 můžeme vidět průběh průtoková účinnosti hydrogenerátoru v závislosti na tlaku pro olej třídy VG22 a VG 46. [5]



Obrázek 3.1 Hydrogenerátor LTMH 100 ISO [5]



Obrázek 3.2 Závislosti účinnosti na tlaku pro olej VG 22 [5]



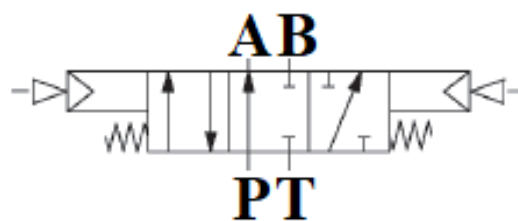
Obrázek 3.3 Závislosti účinnosti na tlaku pro olej VG 46 [5]

### Hlavní hydraulický rozváděč – R1

Na obrázku 3.4 je hlavní hydraulický rozváděč od firmy O.M.F.B typ 121-016-00103. Jedná se o šoupátkový rozváděč, dvousekční, ovládaný pneumaticky a mechanicko-pneumaticky pro maximální průtok  $Q_{max} = 250 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ , maximální pracovní tlak  $p_{max} = 32 \text{ MPa}$  a pro teplotní rozsah  $t = (-25 \div 80) ^\circ\text{C}$ . Na obrázku 3.6 je znázorněna závislost tlakového spádu na průtoku hydraulickým rozváděčem. Na obrázek 3.5 je znázorněna značka rozváděče R1. Obrázek 3.7 znázorňuje tlakový spád pro pojistný ventil, který je součástí rozváděče, tyto tlakové spády jsou pro olej VG 46 při teplotě  $t = 50 ^\circ\text{C}$ . [6]

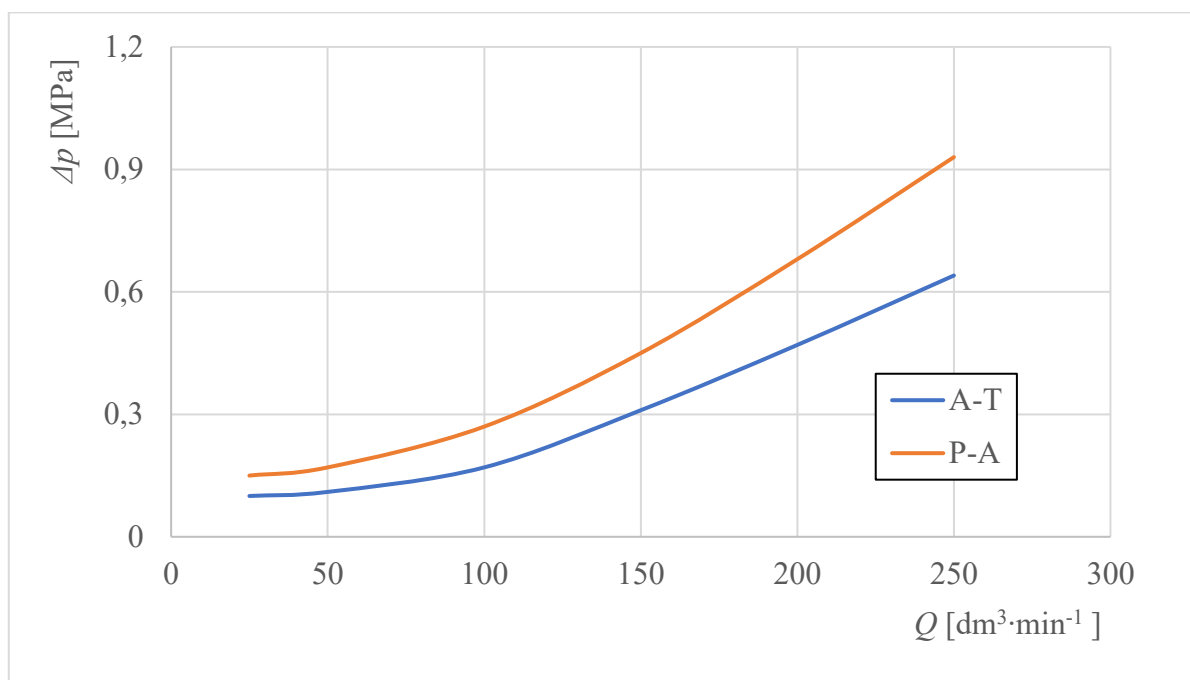


Obrázek 3.4 Hydraulický rozváděč 121-016-00103 [6]

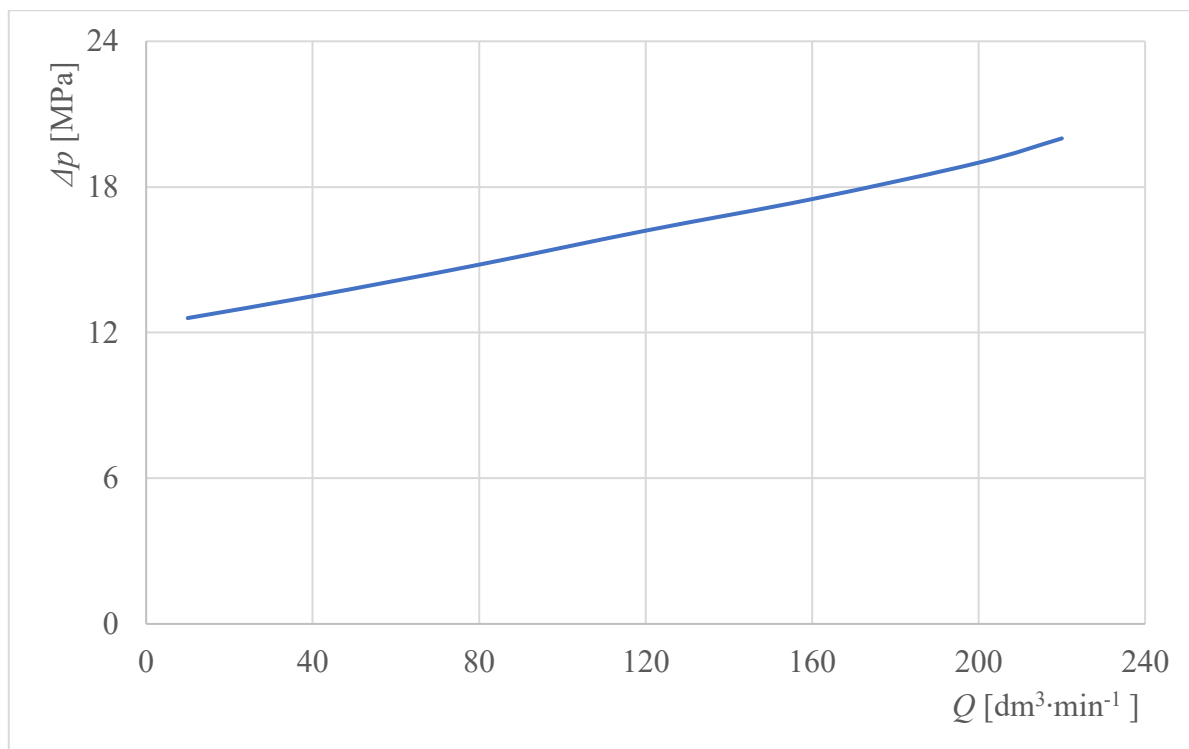


Obrázek 3.5 Značka Hlavního hydraulického rozváděče R1

V grafu na obrázku 3.6 je znázorněna závislost tlakového spádu na průtoku hydraulickým rozváděčem R1. Na obrázku 3.7 je závislost tlakového spádu na průtoku pojistným ventilem, který je součástí hlavního hydraulického rozváděče R1.



Obrázek 3.6 Závislosti tlakového spádu na průtoku hlavního rozváděče hydraulického rozváděče [6]



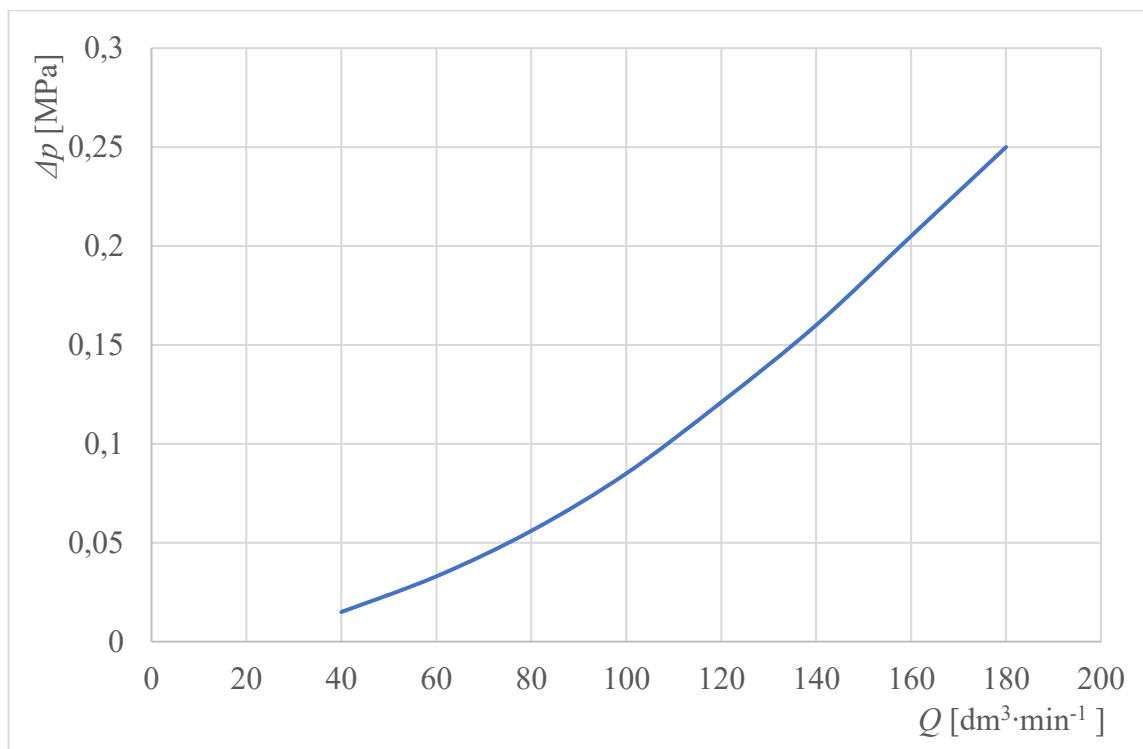
Obrázek 3.7 Závislost tlakového spádu na průtoku pojistného ventilu hydraulického rozváděče [6]

### Rozdělovač pro volbu sklápění – R3

Na obrázku 3.8 je rozdělovač pro volbu sklápění od firmy O.M.F.B, typ SEL 250 – 2. Tento rozdělovač je ovládaný pneumaticky a je konstruován pro maximální průtok  $Q_{max} = 250 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ , maximální tlak  $p_{max} = 40 \text{ MPa}$  a pro rozsah teplot  $t = (-40 \div 140) \text{ } ^\circ\text{C}$ , tento rozváděč slouží k volbě, zda se bude sklápět korba nákladního auta, nebo korba vlečky soupravy. Na obrázku číslo 3.9 vidíme závislost tlakového spádu na průtoku. [7]



Obrázek 3.8 Rozdělovač sklápění SEL 250-2 [7]



Obrázek 3.9 Závislosti tlakového spádu na průtoku rozdělovače pro volbu sklápění

### Jednočinný teleskopický hydromotor – HM1

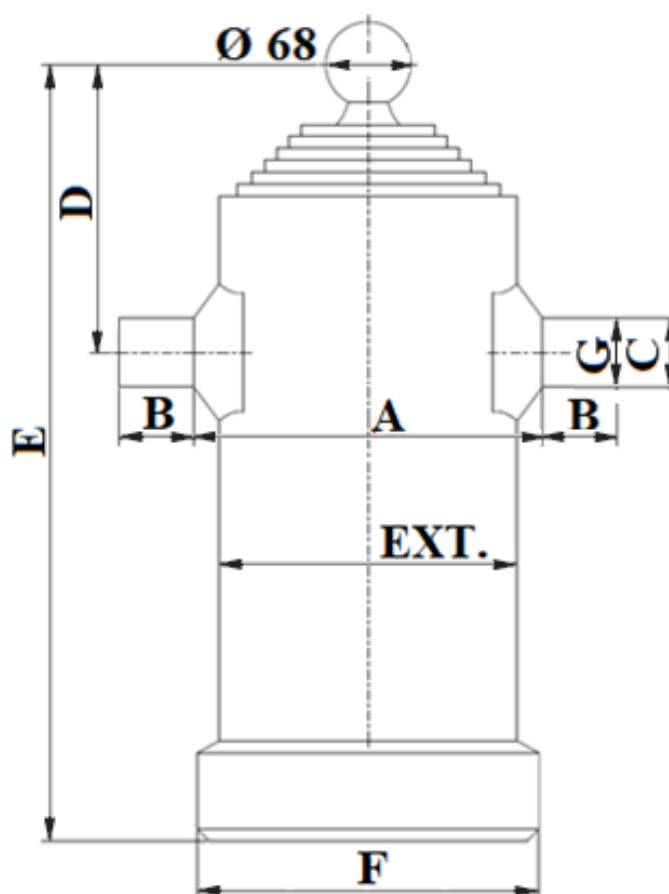
Pro zvedání korby je použitý teleskopický přímočarý hydromotor viz. obrázek 3.10 od firmy Binotto s.r.o. označení B DWR 5/1515/213. Tento hydromotor má maximální vysunutí  $L_{max} = 1515$  mm. Ostatní rozměry jsou níže v tabulce číslo 3.1 a 3.2. Tento hydromotor je konstruován pro maximální tlak  $p_{max} = 20$  MPa a teplotní rozsah  $t = (-40 \div 80) ^\circ\text{C}$ .<sup>[8]</sup>

Tabulka 3.1 Rozměr hydraulického válce<sup>[8]</sup>

Typ	Stupňů	Vysunutí	EXT.	A	B	C	D	E	F	G
[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[']
BDWR	5	1115	213	233	50	55	240	540	244	$\frac{3}{4}$

Tabulka 3.2 Průměry jednotlivých stupňů <sup>[8]</sup>

Stupeň	Průměr pístu
[-]	[mm]
1	187
2	165
3	145
4	120
5	107



Obrázek 3.10 Jednočinný teleskopický hydromotor <sup>[8]</sup>

### Filtr s obtokem - F

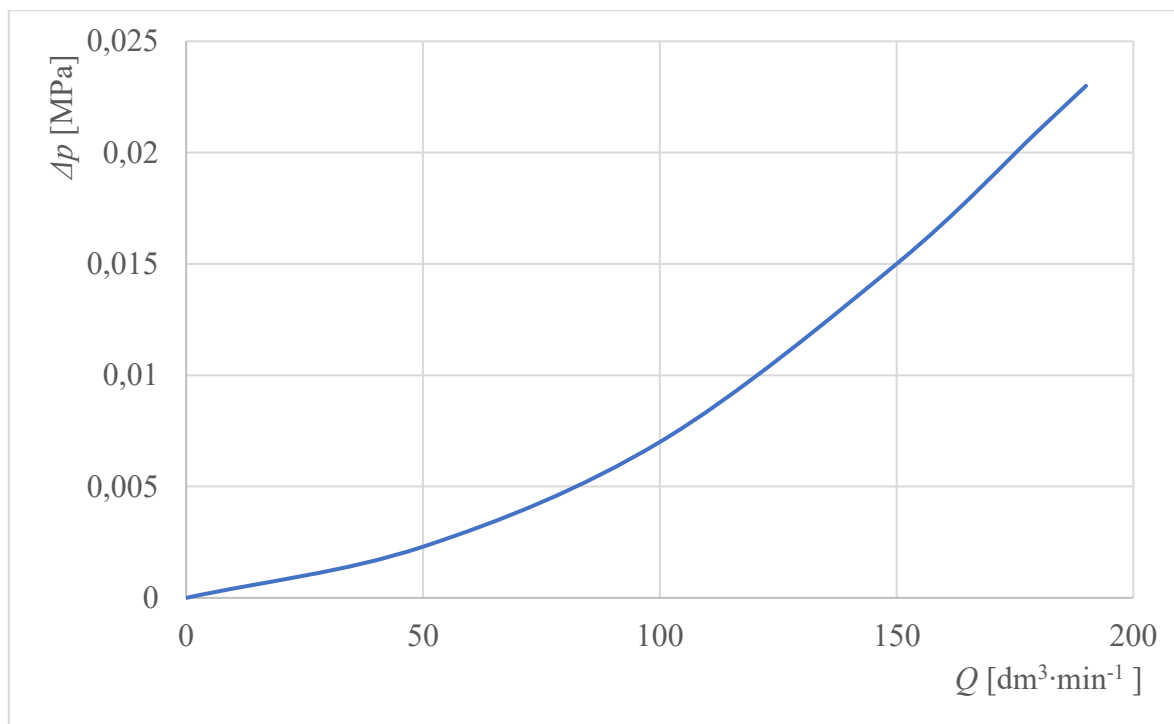
Pro filtrování oleje v obvodu je použit odpadní filtr od firmy HYDAC spol. s.r.o. označení RFM BN/HC 185 BD 20 W 1.0/B6. Tento filtr je na obrázku číslo 3.11. Filtr je konstruován pro maximální průtok  $Q_{max} = 185 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  a pro rozsah teplot  $t = (- 0 \div 100) \text{ }^{\circ}\text{C}$ , tělo filtru je hliníkové. Všechny parametry filtru najdeme v tabulce číslo 3.3 a tlakový spád tohoto filtru je na obrázku číslo 3.12.<sup>[9]</sup>



Obrázek 3.11 Odpadní filtr <sup>[9]</sup>

Tabulka 3.3 Parametry filtru <sup>[9]</sup>

RFM	typ filtru
BN/HC	materiál filtru-Betamicron
185	maximální průtok filtrem
B	pro maximální tlak $p_{max} = 1 \text{ MPa}$
D	druh a velikost připojení G1
20	Velikost filtrace $20 \text{ }\mu\text{m}$
W	Vhodné pro HFA a HFC kapaliny
1.0	Ukazatel zanesení v $90^{\circ}$ od vstupu
B6	nastavení tlaku by-pass $0,6 \text{ MPa}$



Obrázek 3.12 Závislost tlakového spádu na průtoku u filtru [9]

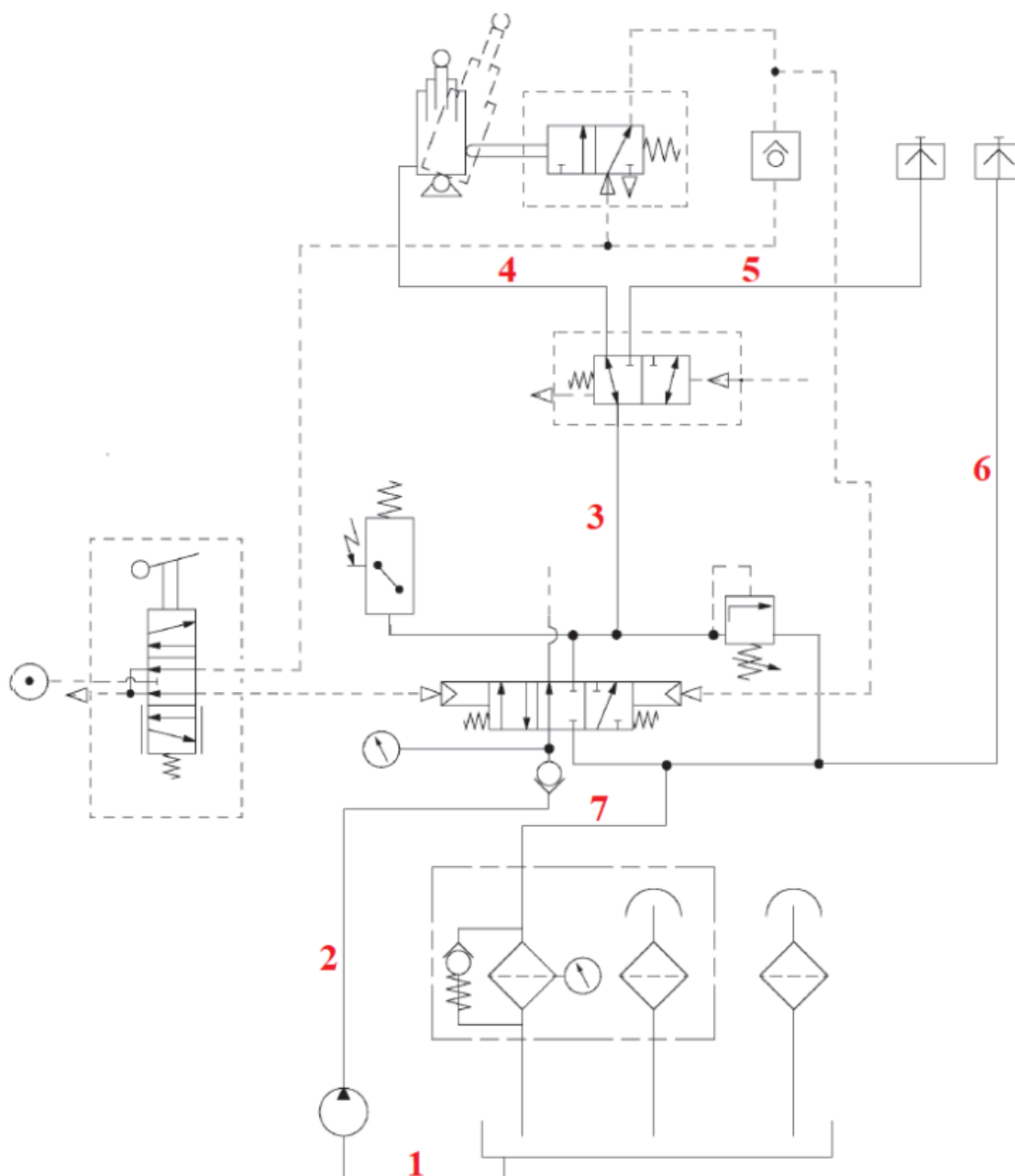
### Hydraulický olej

V hydraulickém obvodu je možno použít oleje s viskózní třídou jak VG 32, tak s třídou VG 15, VG 26, ISO 6743/4 typ HV-s nízkou hořlavostí. V tomto případě je použit olej s viskózní třídou VG 32. <sup>[10]</sup>



## Hadice a šroubení

Na obrázku 3.13 vidíme schéma hydraulického obvodu zvedání korby s vyznačenými hadicemi a v tabulce 3.4 je popis tohoto schématu, těmito hadicemi protéká olej při zvedání nebo spouštění korby. V hadicích vznikají třecí ztráty, ve šroubení vznikají ztráty místní, tyto ztráty způsobují pomalejší tok oleje potrubím, a to způsobuje pomalé zvedání a spouštění korby.



Obrázek 3.13 Schéma zapojení hadic v hydraulickém obvodu <sup>[11]</sup>

Tabulka 3.4 Seznam použitých hadic v obvodu

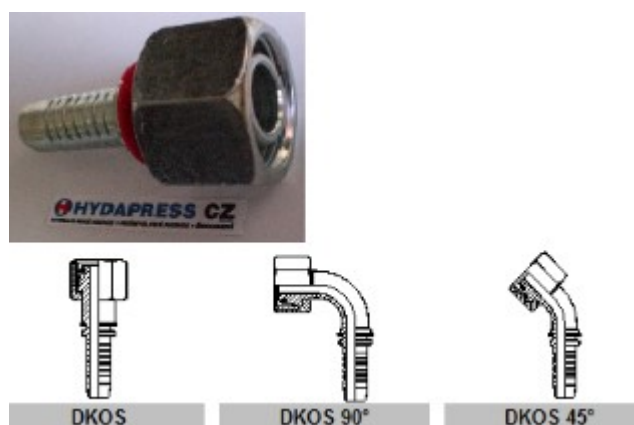
	<b>Název</b>	<b>Označení</b>	<b>Světlost [mm]</b>	<b>Délka [mm]</b>
1	Sací hadice	FMS DN40-1050	40	1050
2	Výtlačná hadice	2SC DN19- 2700 DKOL M30X2 DKOL	19	2700
3	Hadice vedoucí k rozváděči R3	2SC DN19-485 DKOL M30X2 DKOL	19	485
4	Hadice vedoucí k válci	2SC DN19-600 DKOL M30X2 DKOL	19	600
5	Hadice vedoucí k rychlospojce vlečky	2SC 8X750 DKOS90°	8,3	750
6	Odpadní hadice od vleku	2SC 8X1650 DKOS90°	8,3	1650
7	Odpadní hadice	FMO 20X1850 DKL90/DKL M30X2	20	1850

## Druhy použitých šroubení

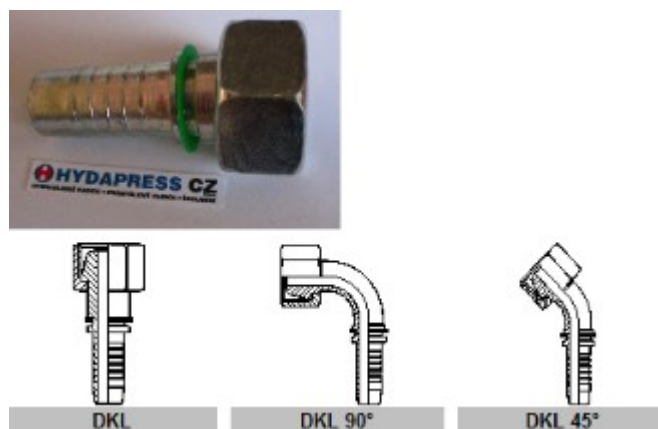
V obvodu jsou použité různé hadice. Na těchto hadicích je nalisované šroubení typu DKOL, DKOS, DKL. Všechny tyto šroubení mají metrický závit, kónus s úhlem  $24^\circ$  a o-kroužkem. Tyto typy šroubení jsou na obrázku 3.14 až 3.16.



Obrázek 3.14 Šroubení typ DKOL <sup>[12]</sup>



Obrázek 3.15 Šroubení typ DKOS <sup>[13]</sup>



Obrázek 3.16 Šroubení typ DKL <sup>[14]</sup>

## Druhy použitých hadic

### 2SC

Tato hadice má duši z NBR pryže a dva ocelové oplety. Je vhodná pro vysoké tlaky  $p = 40 \text{ MPa}$  a teploty  $t = (-40 \div 100) ^\circ\text{C}$ . Je vhodná pro minerální oleje. Její konstrukci můžeme vidět na obrázku 3.17. <sup>[15]</sup>



Obrázek 3.17 Hadice typu 2SC <sup>[16]</sup>

### FMO

Na obrázku 3.18 vidíme hadici typu FMO. Tento typ hadice má dvouvrstvou textilní výztuž, duše je z NBR pryže. Tato hadice je vhodná jak pro bezolovnatá paliva, tak pro minerální oleje, naftu, chladicí kapalinu. Pro teploty  $t = (-30 \div 100) ^\circ\text{C}$  a pracovní tlak  $p_{\text{max}} = 1 \text{ MPa}$ . <sup>[17]</sup>



Obrázek 3.18 Hadice typu FMO <sup>[18]</sup>

## FMS

Tato tlakovací hadice se skládá z NBR duše, textilní výztuže, spirály z pozinkovaného drátu a obalu z chloroprenového kaučuku viz obrázek 3.19. Tento typ hadice je vhodný pro přepravu pohonných hmot, minerálních olejů a chladicové kapaliny. Je vhodná pro teploty  $t = (-30 \div 100) ^\circ\text{C}$ . Tato hadice je určena pro maximální podtlak  $p_{\min} = -0,06 \text{ MPa}$  a vydrží maximální tlak  $p_{\max} = 1,5 \text{ MPa}$ . <sup>[19]</sup>



Obrázek 3.19 Hadice typu FMS <sup>[19]</sup>

## 4 Popis funkce hydraulického obvodu

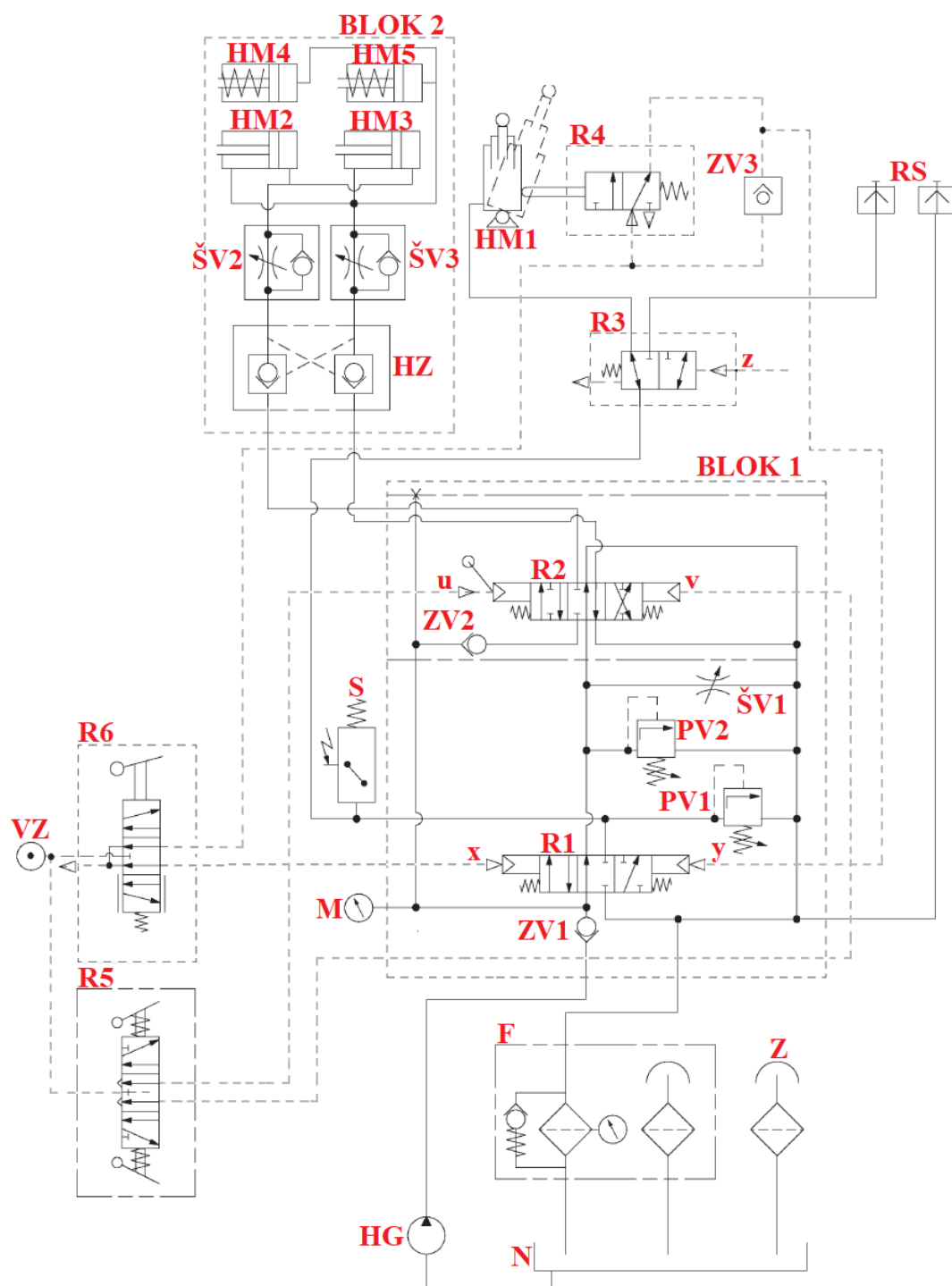
Sklápění kobry je v tomto případě hydraulické, pomocí jednoho válce umístěného uprostřed korby, pod ložnou plochou. Ovládání hydraulických rozváděčů je převážně pneumatické, v jednom případě je mechanicko-pneumatické.

### **Popis úplného schématu sklápění v základní poloze**

Na obrázku 4.1 je vidět kompletní schéma hydraulického zvedání korby. Obvodem v základní poloze protéká kapalina přes rozváděč R1, který je v základní poloze otevřený. Olej dále teče přes rozváděč R2, tento rozváděč v základní poloze funguje jako odlehčení, a tak kapalina teče přes odpadní filtr F zpátky do nádrže N. V základní poloze se žádný válec nepohybuje. Rozváděč R2, R5 a prvky ŠV1, PV2, ZV2 a BLOK 2 slouží k zajišťování bočnic a čela, a proto rychlost zvedání korby nijak neovlivňují, pro přehlednost je vytvořeno zjednodušené schéma bez těchto prvků viz. obrázek 4.2.

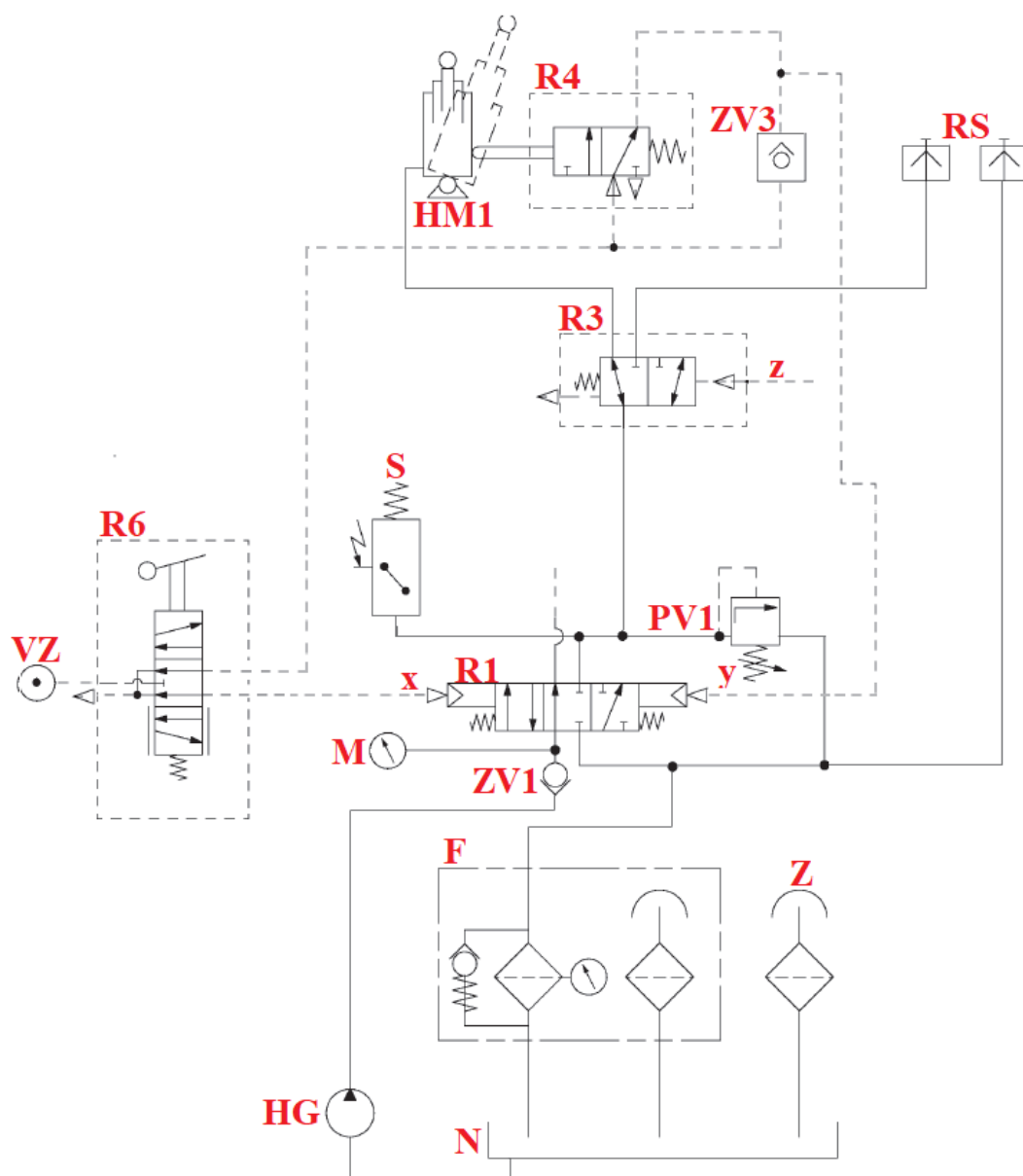
Tabulka 4.1 Seznam použitých prvků v obvodu

<b>Zkratka</b>	<b>Název</b>
VZ	vzdušník
HG	hydrogenerátor
F	filtr s by-passem a s odvětráním nádrže
Z	odvzdušnění nádrže
N	nádrž
ZV1, ZV2, ZV3	zpětný ventil
R1	hlavní hydraulický rozváděč
R2	rozdávěč pro odjištění čela a bočnic
R3	rozdávěč pro volbu sklápění
R4	rozdávěč s funkcí koncového spínače
R5, R6	pneumatické ovládaní rozváděče
M	manometr
S	spínač
PV1, PV2	pojistný ventil
RS	hydraulické rychlospojky k přívěsu
HM1	jednočinný teleskopický hydromotor pro zvedání korby
HM2, HM3	přímočarý hydromotor pro odjištění bočnic
HM4, HM5	přímočarý hydromotor pro odjištění čela
ŠV1	škrťací ventil
ŠV2, ŠV3	škrťací ventil s obtokem
HZ	hydraulický zámek
BLOK1	ventilový blok pro sklápění
BLOK2	ventilový blok pro jištění korby
x, y, u, v, z	pneumatické signály



Obrázek 4.1 Kompletní schéma hydraulického obvodu sklápění

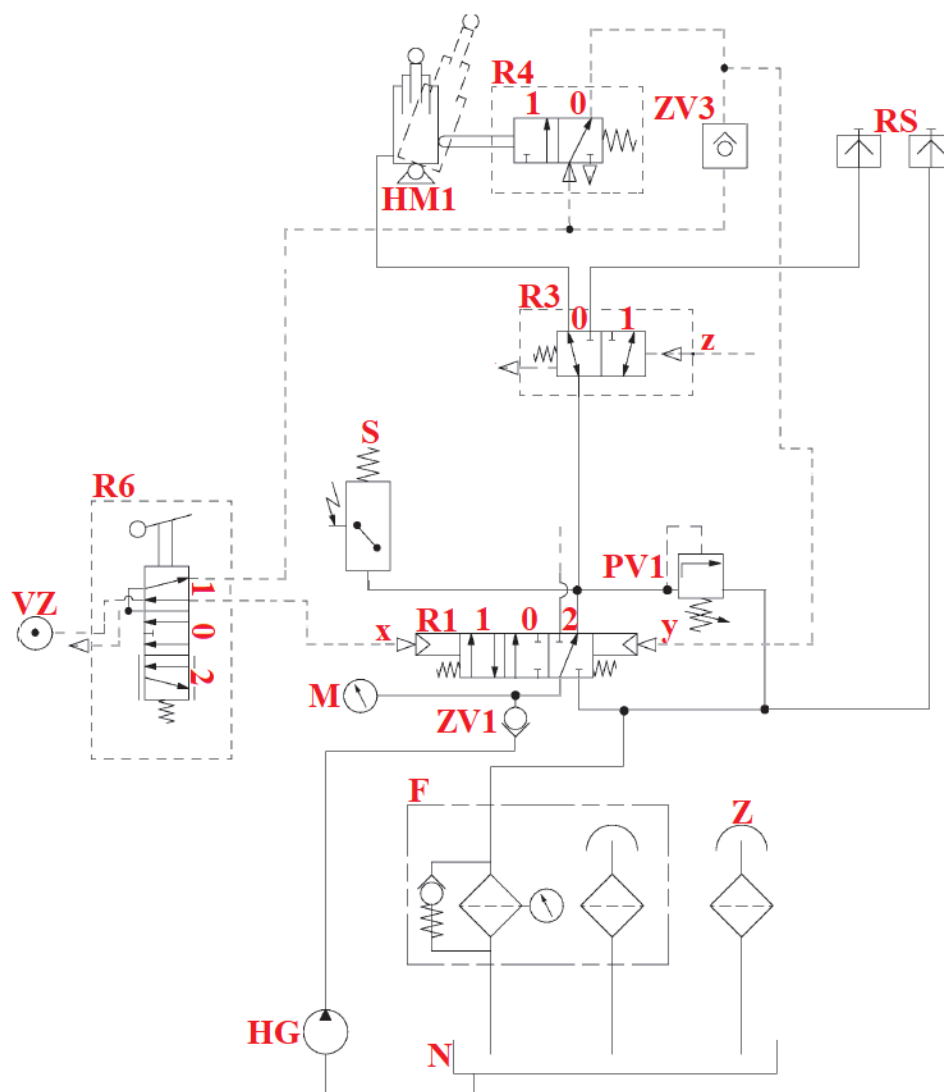




Obrázek 4.2 Zjednodušené schéma hydraulického obvodu sklápění

## Zvedání korby

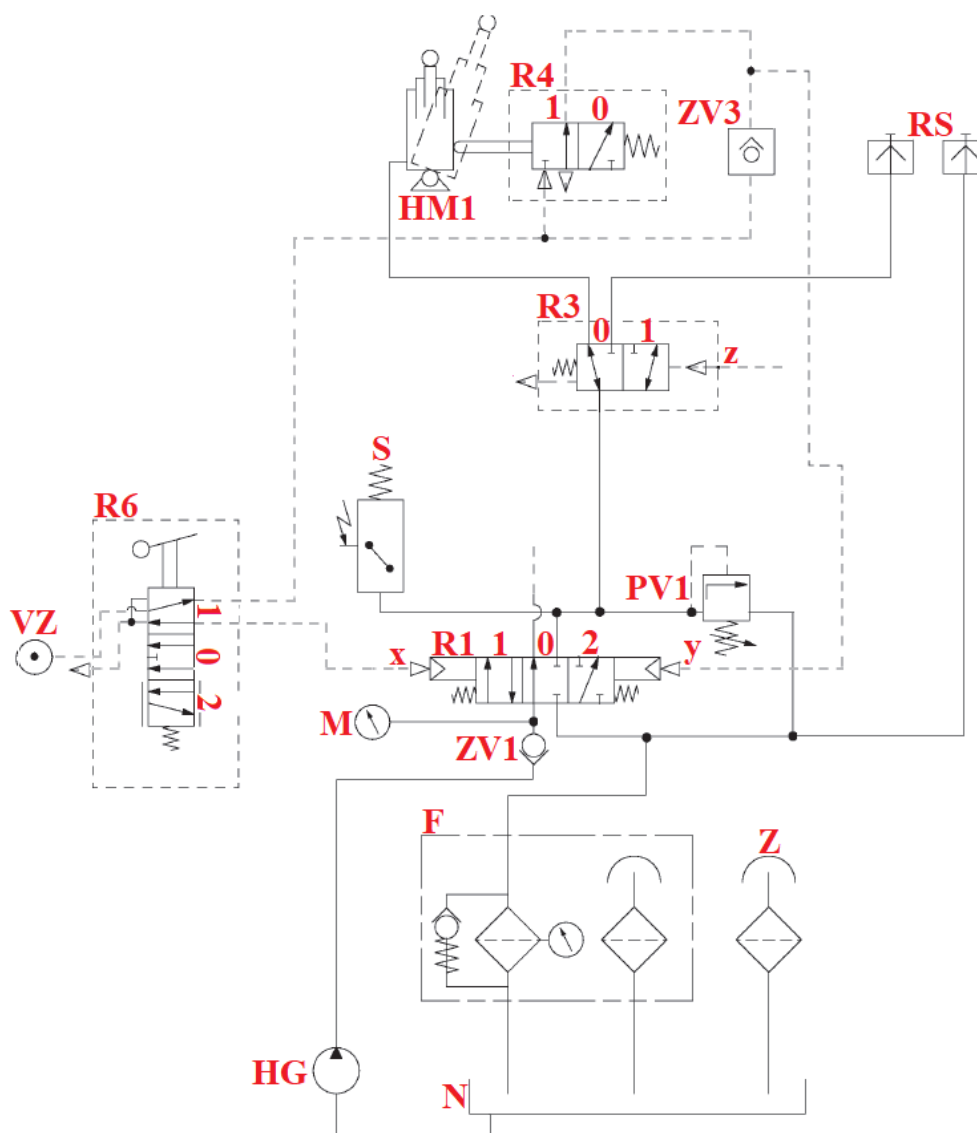
Na schématu viz. obrázek 4.3 je zapojení prvků při zvedání korby nákladního auta. Sklápění se zahájí pomocí přestavení páky na rozváděči R6. Tímto přestavením se rozváděč přestaví ze základní polohy 0 do polohy 1. Po tomto přestavení začne stlačený vzduch proudit ze vzdušníku VZ přes rozváděč R4, dále pak k rozváděči R1 na ovládací vstupy. Zároveň dochází při přestavení rozváděče R6 k odlehčení ovládacího vstupu x, a proto se rozváděč R1 přestaví do polohy 2. Po přestavení rozváděče R1 může olej proudit přes rozdělovač sklápění R3, který je v základní poloze a následně proudí olej přímo do hydromotoru HM1, čímž se hydromotor může vysunovat až do nastavené koncové polohy, nebo do přestavení rozváděče R6. Aby nedošlo k překročení tlaku oleje v hydraulickém obvodu, je v obvodu umístěn pojistný ventil PV1. Tento pojistný ventil v případě překročení nastaveného tlaku odvádí kapalinu přes odpadní filtr F do nádrže N.



Obrázek 4.3 Schéma zapojení při zvedání korby <sup>[11]</sup>

## Sepnutí koncového spínače

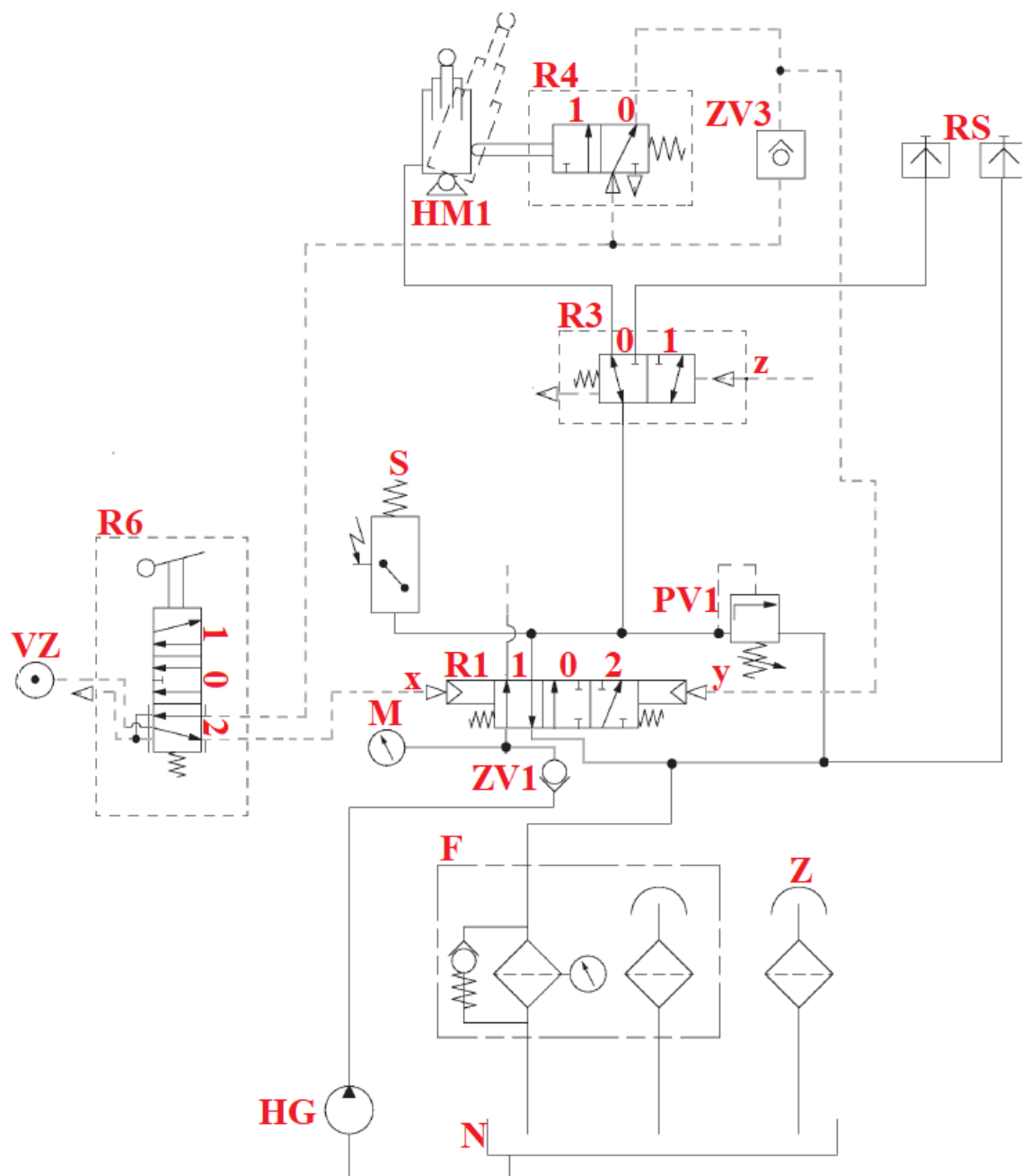
Koncový spínač R4 slouží, k nepřekročení povoleného vysunutí hydromotoru. Schéma sepnutého koncového spínače je na obrázku 4.4. Při zvedání korby dochází k naklápění hydromotoru. Koncový spínač se nastaví do požadované vzdálenosti od hydromotoru a po dosažení určitého naklopení hydromotoru se pomocí doteku hydromotoru o hrot koncového spínače koncový spínač přestaví do polohy 1. Tímto přestavením se zamezí přívodu stlačeného vzduchu k ovladacímu vstupu y. Protože na vstup x ani y nepřichází žádný stlačený vzduch, dojde k přestavení rozváděče R1 do základní polohy 0. Tímto přestavením se žádná kapalina do hydromotoru nedostane. Korba se začne spouštět až tehdy, když se rozváděč R1 přestaví do polohy 1.



Obrázek 4.4 Schéma zapojení při sepnutém koncovém spínači R4 <sup>[11]</sup>

## Spouštění korby

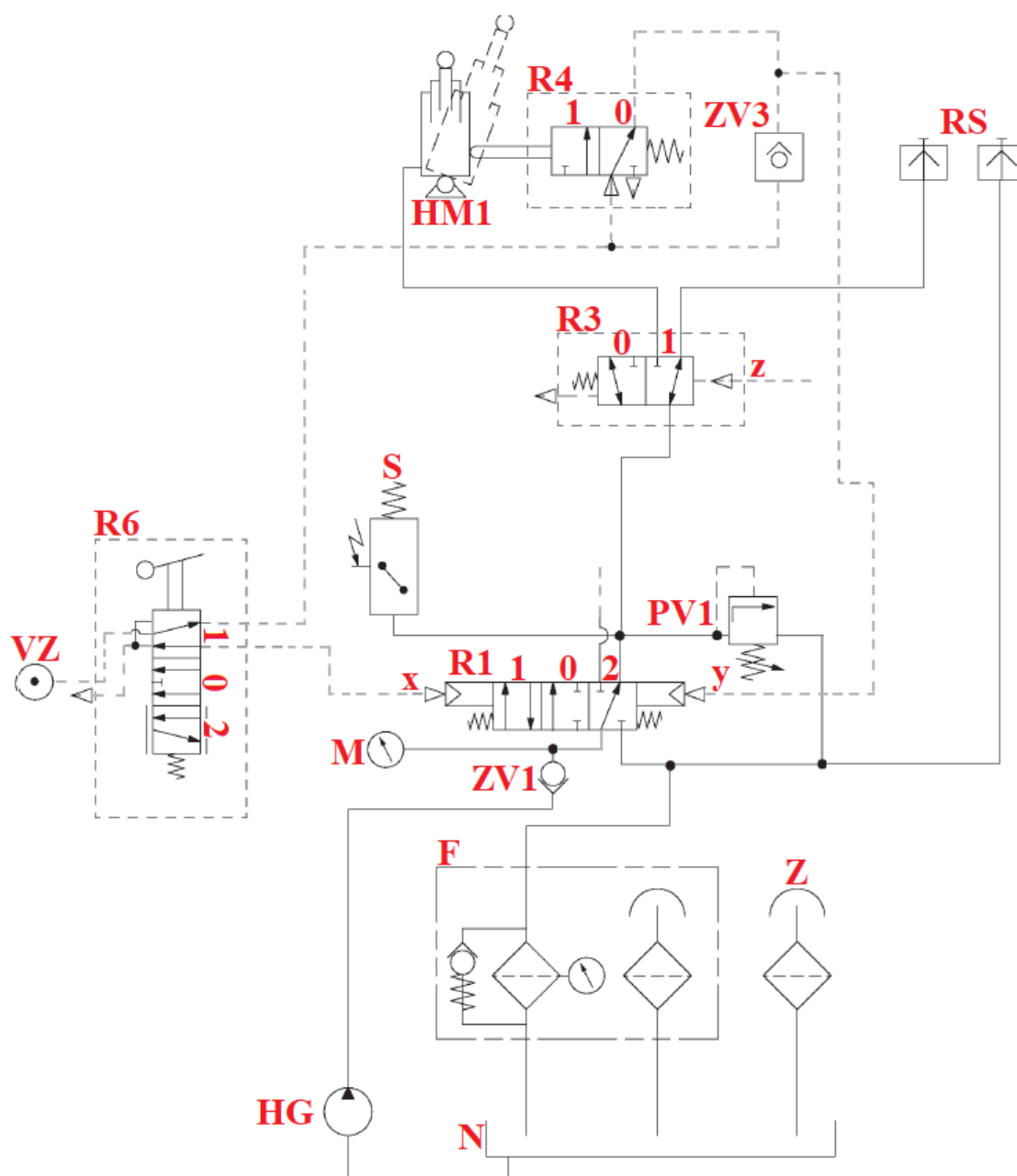
Při spouštění korby, schéma viz. obrázek 4.5, je rozváděč R6 přestaven do polohy 2. Tímto přestavením se odlehčí ovládací vstup y a začne proudit stlačený vzduch ze vzdušníku na ovládací vstup x. Rozváděč R1 se přestaví do polohy 1, díky němuž nemůže olej proudit z čerpadla do hydromotoru HM1. Hydromotor HM1 se začne vlivem působení tíhy korby a gravitační síly zasouvat, čímž začne proudit olej zpátky do nádrže N přes rozváděč sklápění R3, hydraulický rozváděč R1 a odpadní filtr F.



Obrázek 4.5 Schéma zapojení při spouštění korby [11]

## Zvedání korby vlečky

Zvedání korby vlečky Tatry probíhá stejně jako zvedání u korby auta. Rozváděč R6 je přestaven do polohy 1 a rozváděč R1 je přestaven do polohy 2. Jediným rozdílem je, že pomocí ovládacího vstupu z se přestaví rozváděč R3 do polohy 1 a proto kapalina neproudí do hydromotoru HM1, ale proudí k rychlospojce RS a dál do hydromotoru vlečky. Schéma zapojení zvedání korby vlečky je zobrazeno níže na obrázku 4.6.



Obrázek 4.6 Schéma zapojení při zvedání vlečky nákladního auta <sup>[11]</sup>

## 5 Matematický model hydraulického systému

### 5.1 Teorie modelování

Teorie modelování mohou být dva postupy tvorby modelu: experimentální modely, matematické modely.

Experimentální modely spočívají ve vymodelování modelu a následné práci v laboratoři, kde se na tomto modelu provádějí experimenty a získávají se informace o jejich vlastnostech. Při tomto modelování může dojít k zjištění vad a jejich opravení, případně se zavedly opravné koeficienty do teoreticky odvozených rovnic a následně se tyto získané informace použijí na sestavení díla. V současné době se rozvíjí matematické modelování. Toto modelování je založeno na aplikaci fyzikálních zákonů, pomocí kterých můžeme vytvořit matematické modely mechanických, hydraulických, pneumatických, elektrických a tepelných systémů. [21]

Matematický model je poněkud levnější a rychlejší než experimentální model. Matematický model umožňuje prověřit více variant za jiných počátečních podmínek. Díky těmto výhodám se matematický model stal důležitou součástí při návrhu složitých součástí. Pomocí počítačové simulace můžeme s matematickým modelem experimentovat jakkoliv, aniž bychom potřebovali opravdový systém a nebo zavinili havárii systému. Vedlejším jevem matematického modelování je zjednodušování, ale musíme najít ideální střed mezi zjednodušováním a přesností modelu, tak aby model stále zůstal důvěryhodný. Matematický model je tvořen soustavou matematických vztahů, které jednoznačně popisují daný jev pomocí algebraických, diferenciálních obyčejných a diferenciální parciálních rovnic. Řešení matematického modelu je možné analyticky (užitím Laplaceovy transformace pro linearizované případy), numericky (Eulerovou metodou, Runge-Kutta, metodou charakteristik, obecnou diferenční metodou). [21]

#### Tvorba matematického modelu

Při tvorbě matematického modelu se zkoumaný prvek rozkládá na více jednodušších částí, které jsou schopné samostatné činnosti a umožňují popis základními rovnicemi, kdy soustava rovnic obsahuje algebraické i diferenciální rovnice. Tento postup můžeme použít na různé systémy (hydraulické, pneumatické, elektrické aj.) Pro tvorbu matematických modelů je možno využít obecných programovacích jazyků jako jsou Pascal, Fortran,

Mathcad, Matlab, Dynast, Sipro, nebo můžeme použít speciální programovací jazyky jako jsou například: Flowmaster. Matlab-Fluids. [21]

## **5.2 Matlab**

Model pro simulaci byl vytvořen v programu Matlab pomocí hydraulických prvků z knihoven Simulink, Simscape a Fluids. Tento model byl vytvořen dle schématu na obrázku 7.1. Výpočetní systém Matlab se stal díky své názornosti celosvětovým standardem v oblasti technických výpočtů. Tento výpočetní systém je velice rozšířen jak ve sféře vědy a výzkumu, ale také na vysokých školách, zejména na technických univerzitách, kde je využíván jako výukový prostředek. Matlab poskytuje uživatelům grafické a výpočetní nástroje a také obsahuje rozsáhlé specializované knihovny. Tyto knihovny jsou svým rozsahem použitelné prakticky ve všech sférách lidské činnosti. Za nejsilnější stránku tohoto programu je považováno velice rychlé výpočetní jádro s optimálními algoritmy. [21]

### **Simulink**

Slouží pro simulaci a modelování dynamických systémů s využitím algoritmů Matlabu pro numerické řešení nelineárních diferenciálních rovnic. Díky Simulinku je umožněno grafickému editoru snadno a rychle vytvářet modely dynamických soustav a to jen za pomoci přesouvání funkčních bloků. Uživatel si může bloky vybrat z bohaté knihovny Simulinku nebo si může jednotlivé funkční bloky vytvářet sám. Po vytvoření schématu si uživatel může toto schéma přenést na jakýkoliv počítač s jakýmkoliv systémem. [21]

### **Simscape**

Simscape rozšiřuje Simulink o další nástroje pro modelování a simulaci systému. Propojuje mechanické, elektrické, hydraulické a pneumatické komponenty v jeden celek. Do schématu přidává fyzikální veličiny například sílu, momenty, tlaky, průtoky napětí. Simscape obsahuje několik knihoven bloků: mechanické, elektrické, hydraulické, pneumatické a tepelné. Díky těmto knihovnám můžeme vytvářet složité systémy, které najdou uplatnění jak v automobilovém, leteckém průmyslu, tak i u návrhu stavebních nebo průmyslových strojů. [21]

### **Fluids**

Tento doplněk rozšiřuje Simulink o modelování a simulaci hydraulických systémů. Uživatel může propojovat hydraulické a mechanické komponenty s použitím přímé podobnosti s reálnými prvky. Fluids se svými rozšířením umožňuje modelovat vzájemně propojené hydromechanické a hydroelektrické systémy. [21]

## 6 Popis simulačního modelu

Při sestavování modelu je potřeba udělat několik zjednodušení a přizpůsobit nastavení jednotlivých bloků.

Zdrojem tlaku je hydrogenerátor HG. Tento hydrogenerátor je neregulační. Stálý tlak v obvodu udržuje pojistný ventil PV1. V modelu jsou dva rozváděče: první rozváděč R1 se přestavuje dle potřeby, buďto proudí kapalina z P-A směrem k teleskopickému přímočarému hydromotoru HM1, nebo kapalina proudí z A-T. Takto je rozváděč nastaven při spouštění a kapalina proudí z hydromotoru přes filtr F do nádrže.

Hydrogenerátor je poháněn spalovacím motorem a následně jsou jeho otáčky převodovány. Tyto převodovány otáčky jsou nastaveny pomocí konstantní hodnoty a převedeny pomocí S-Ps převodníku.

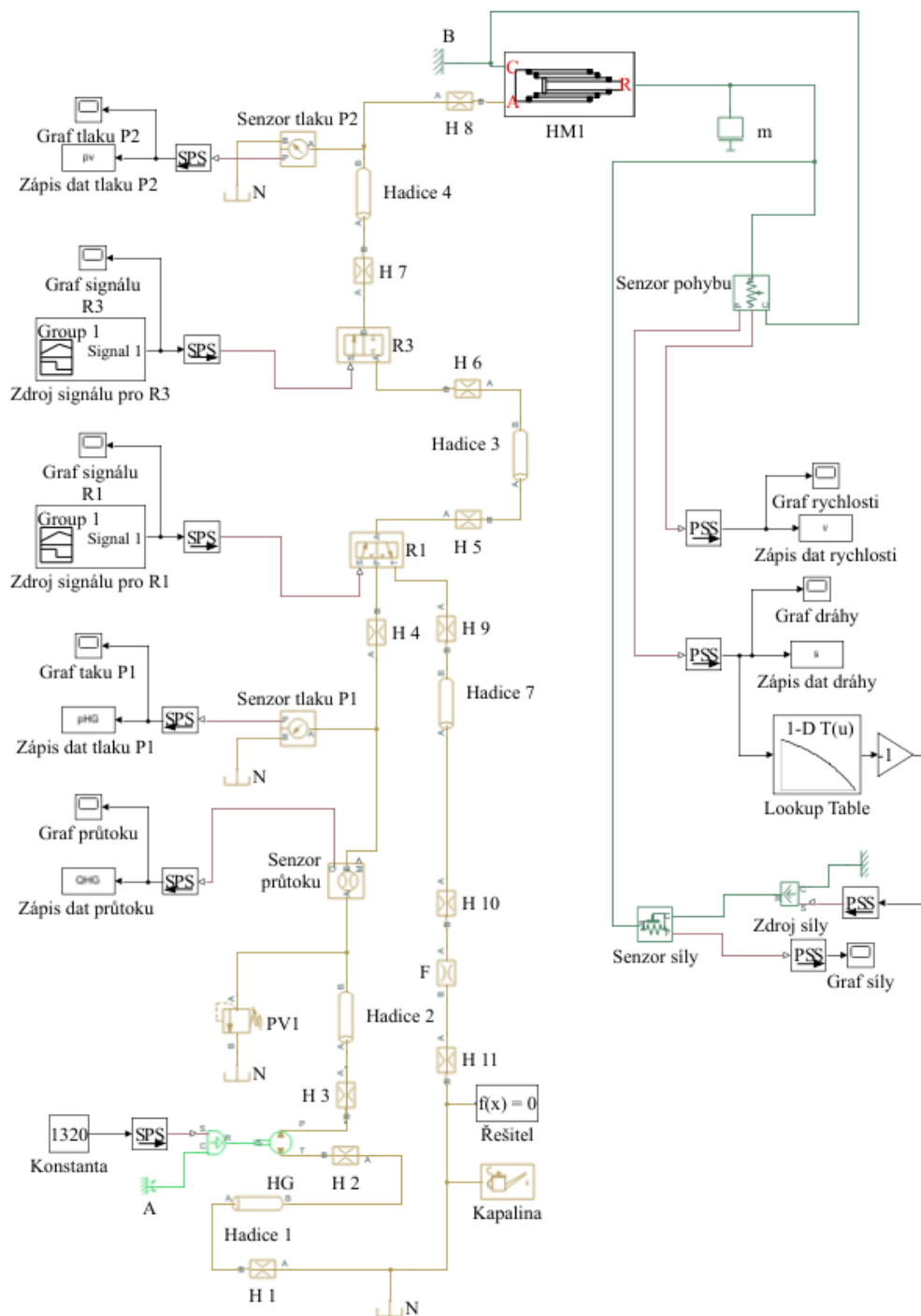
Hydromotor HM1 je složen z pěti stupňů, a na tento hydromotor je připojen senzor pohybu a síly. Pomocí těchto senzorů jsou snímány fyzikální veličiny a následně vykresleny do grafu a zapsány tak, aby bylo možné s nimi dále pracovat.

V obvodu jsou také dva snímače tlaku a snímač průtoku. Z těchto snímačů jdou rovněž signály do zapisovače a do bloku vykreslení grafu. Model obsahuje také několik hadic (1,2,3,4,7) a hrdel (H1 až H11) viz obrázek 6.1, popis prvků tohoto obrázku je v tabulce 6.1.

Tabulka 6.1 Seznam zkratk

A, B	Pevný bod
H	Hrdla pro přišroubování hadic
HG	Hydrogenerátor
HM1	Teleskopický jednočinný hydromotor
m	Působící hmotnost
N	Nádrž
PV1	Pojistný ventil
R1, R3	Hydraulické rozváděče

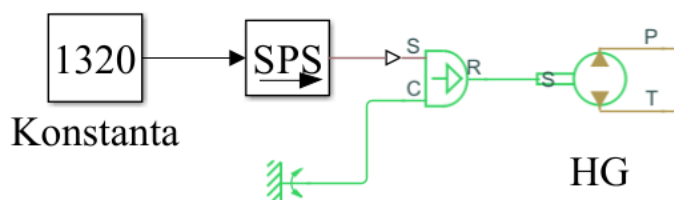




Obrázek 6.1 Schéma simulačního modelu

## Hydrogenerátor

Průtok kapaliny zajišťuje hydrogenerátor, jehož nastavení je v tabulce 7.2. Za pomoci bloku konstanta je umožněno nastavit bezrozměrnou konstantní hodnotu. Do tohoto bloku jsem nastavil otáčky  $n = 1320 \text{ min}^{-1}$ , tyto otáčky jsou pomocí převodníku S-PS převedeny ze Simulink signálu do signálu fyzikálního v tomto bloku je nastaven převod do jednotky  $\text{min}^{-1}$ . Tento fyzikální signál jde do bloku zdroje ideální úhlové rychlosti na vstup S. Tento blok slouží k zajištění konstantních otáček při působení rozdílného krouticího momentu. Na vstup C je připojen blok pevného rotačního bodu pohybu, který slouží pro uchycení rotačního pohybu vzhledem k zemi nebo rámu. Na výstup R je připojen samotný hydrogenerátor HG. Tento popis prvků je graficky znázorněn na obrázku 6.2.



Obrázek 6.2 Schéma zapojení bloků potřebných k HG

Tabulka 6.2 Parametry nastavení hydrogenerátoru

Geometrický objem	0,1	$\text{dm}^3$
Nominální úhlová rychlost	1000	$\text{min}^{-1}$
Jmenovitý tlak	22	MPa
Kinematická viskozita	32	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Hustota kapaliny	865	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Objemová účinnost	0,92	1

## Pojistný ventil

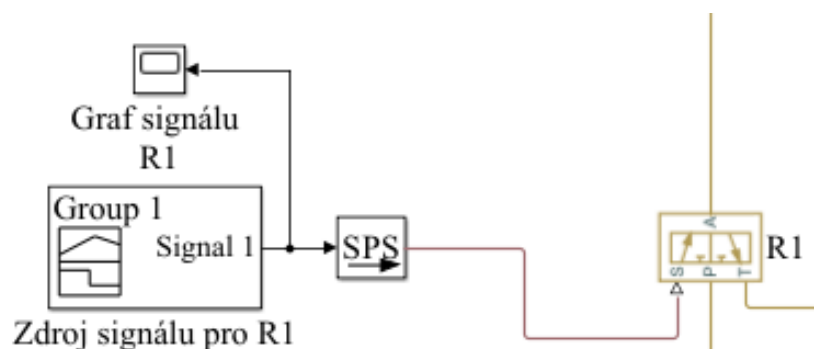
Konstantní tlak kapaliny je zajištěn pomocí pojistného ventilu blok PV1, viz. obrázek 6.3. V tomto bloku jsem nastavil maximální tlak  $p_{max} = 20$  MPa. Výstup z tohoto prvku je napojen do nádrže N.



Obrázek 6.3 Značka pojistného ventilu

## Hlavní hydraulický rozváděč R1

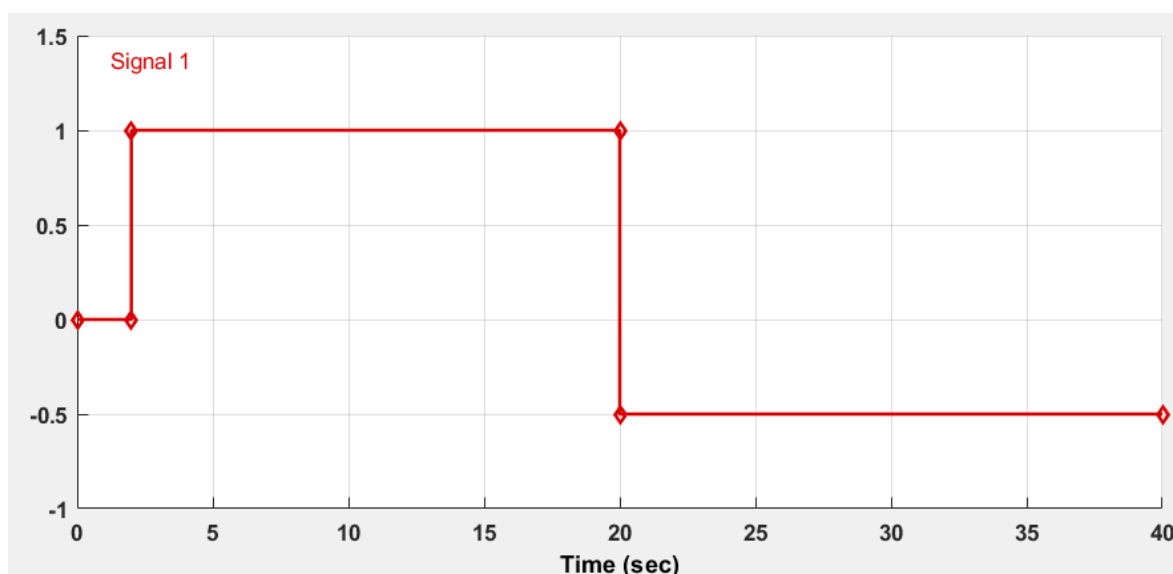
Hydraulický rozváděč R1 se přestavuje pomocí signálu. Tento signál je nastaven pomocí bloku Zdroj signálu pro R1, viz obr. 6.3. Signál je zobrazen na obrázku 6.5. Tento signál ze zdrojem signálu a jde do převodníku S-PS a grafu signálu R1. Z převodníku S-PS jde signál do hydraulického rozváděče R1 na vstup S. V bloku R1 jsem v první záložce v řádku parametrizace modelu nastavil možnost  $\Delta p$ -Q charakteristika a v záložce parametrizace modelu jsem vypsál vektory do všech řádků viz. tabulka 6.3.



Obrázek 6.4 Schéma zapojení bloků pro řízení hydraulického rozváděče R1

Tabulka 6.3 Nastavení Otevření, Tlakového spádu a Průtoku rozváděče R1

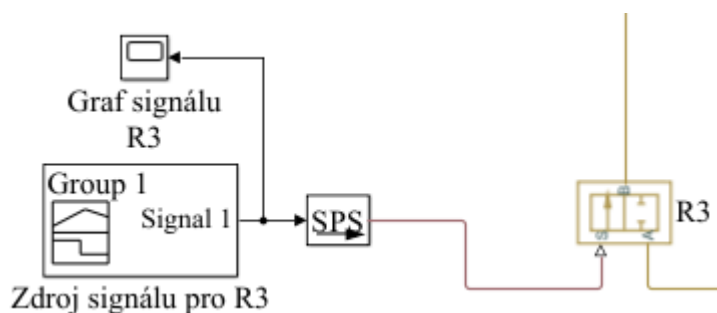
P-A Otevření	[0, 0.5, 1]	m
P-A Tlakový spád	[0, 0.15, 0.3, 0.45, 0.6, 0.75, 0.9]	MPa
P-A Průtok	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0; 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0; 0, 25, 112, 150, 170, 220, 245]	dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup>
P-A Otevření	[0, 0.5, 1]	m
P-A Tlakový spád	[ 0, 0.1, 0.15, 0.3, 0.45, 0.6]	MPa
P-A Průtok	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0; 0, 25, 90, 150, 195, 240; 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]	dm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup>



Obrázek 6.5 Signál rozváděče R1

## Rozváděč pro volbu sklápění R3

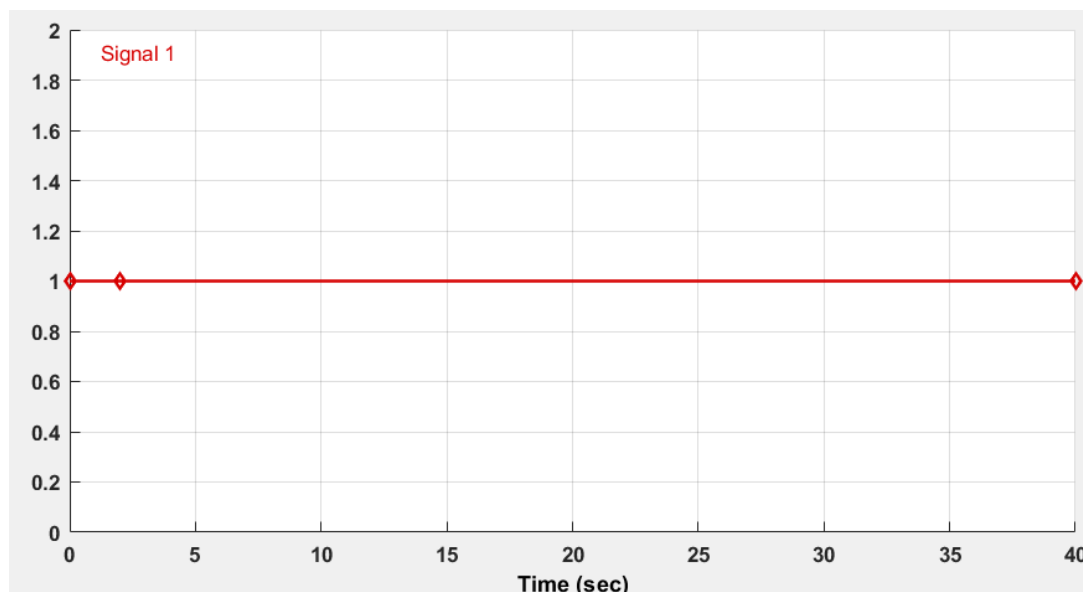
Tento rozváděč slouží pro přestavení průtoku a to buď do hydromotoru HM1 nebo do hydromotoru vlečky. Signál do tohoto rozváděče jde přes S-PS převodník ze zdroje signálu pro R3, obrázek 6.7. V tomto rozváděči jsem rovněž nastavil do řádku model parametrizace možnost  $\Delta p$ -Q charakteristika a vyplnil jsem vektory dle závislosti tlakového spádu tohoto rozváděče viz. tabulka 6.4. Schéma zapojení těchto bloků je na obrázku 6.6.



Obrázek 6.6 Schéma zapojení bloků pro řízení hydraulického rozváděče R3

*Tabulka 6.4 Nastavení Otevření, Tlakového spádu a Průtoku rozváděče R3*

Parametrizace modelu	$\Delta p$ -Q charakteristika	-
Otevření	[0, 0.5, 1]	$m$
Tlakový spád	[0,0.025,0.05, 0.075,0.1,0.125, 0.15,0.175,0.2, .225,0.25]	$MPa$
Průtok	[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0; 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0; 0, 40, 70, 90, 110, 120, 135, 150, 155, 170, 180]	$dm^3$



Obrázek 6.7 Signál rozváděče R3

## Hydromotor HM1

Jednočinný teleskopický hydromotor HM1 je složen z pěti jednotlivých stupňů, viz. obrázek 6.10, do každého stupně jsem zadal plochy pístu a jeho vysunutí.

Do hydromotoru HM1 jde na vstup A tlak z hydrogenerátoru. Na port C je připojen blok reference pevného bodu, který slouží k uchycení pohybů k rámu nebo zemi. Na tento port je také připojen senzor pohybu, tento senzor je také připojen na port R.

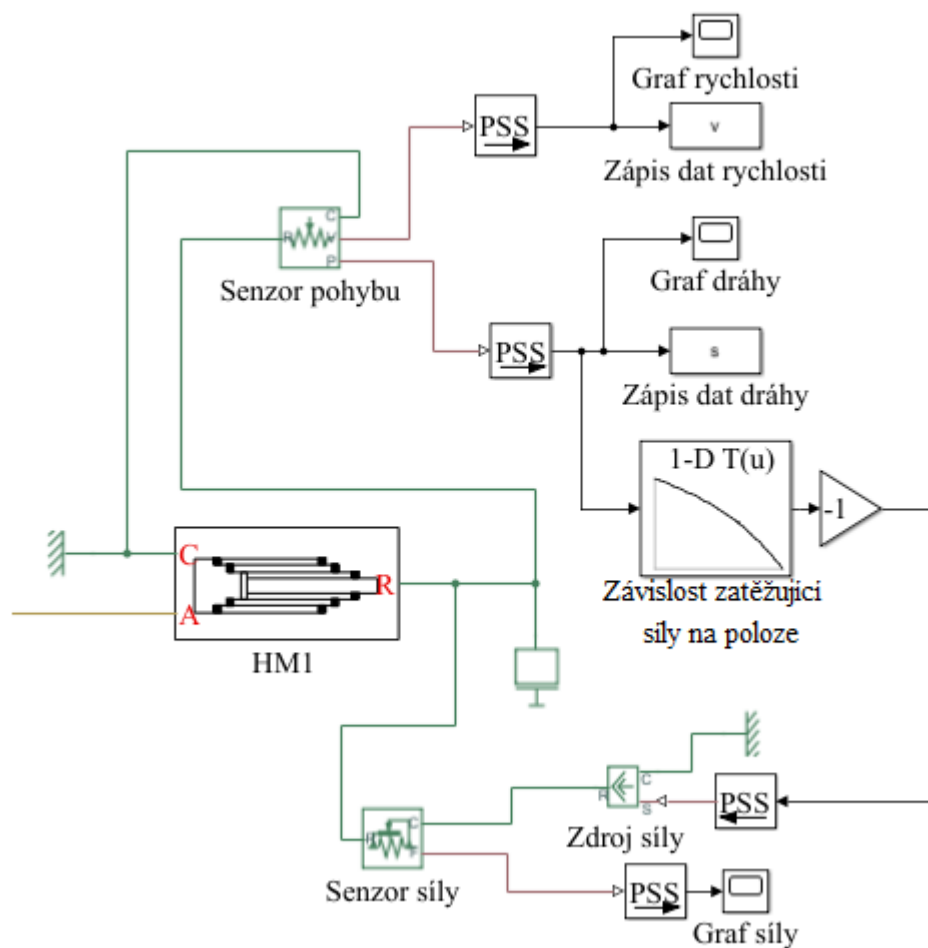
Ze senzoru R jdou dva signály do PS-S převodníku, tento převodník slouží k převedení fyzikálního signálu na signál Simulink.

Z těchto převodníků jdou signály do grafu rychlosti a dráhy a také do zápisu dat rychlosti a dráhy. Z převodníku signálu pro dráhu jde také signál do dalšího bloku, do kterého jsem zadal v záložce tabulka a bod přerušení a do řádku data tabulky jsem zadal průběh síly. Do řádku bodů přerušení jsem zadal vysunutí pístu viz. obrázek 6.9.

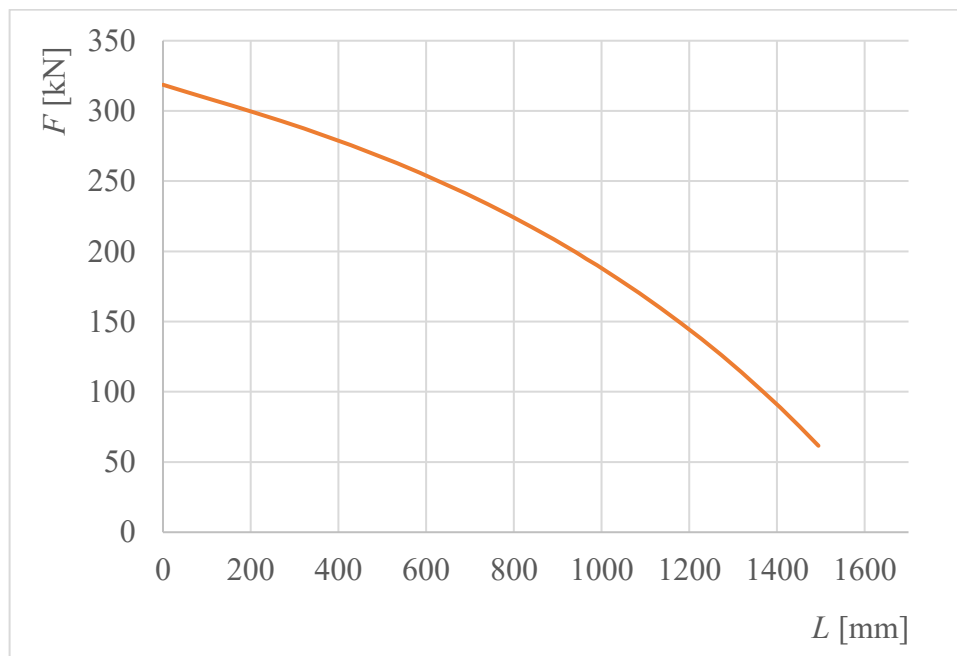
Z bloku závislost zatěžující síly na poloze jde signál do bloku násobiče a dál putuje do PS-S převodníku a následně do Zdroje síly, do kterého jde také signál z bloku reference pevného bodu.

Z výstupu R hydromotoru HM1 je připojen senzor síly, do kterého je napojen na port C zdroj síly a z portu F jde signál do PS-S převodníku a dál do grafu síly.

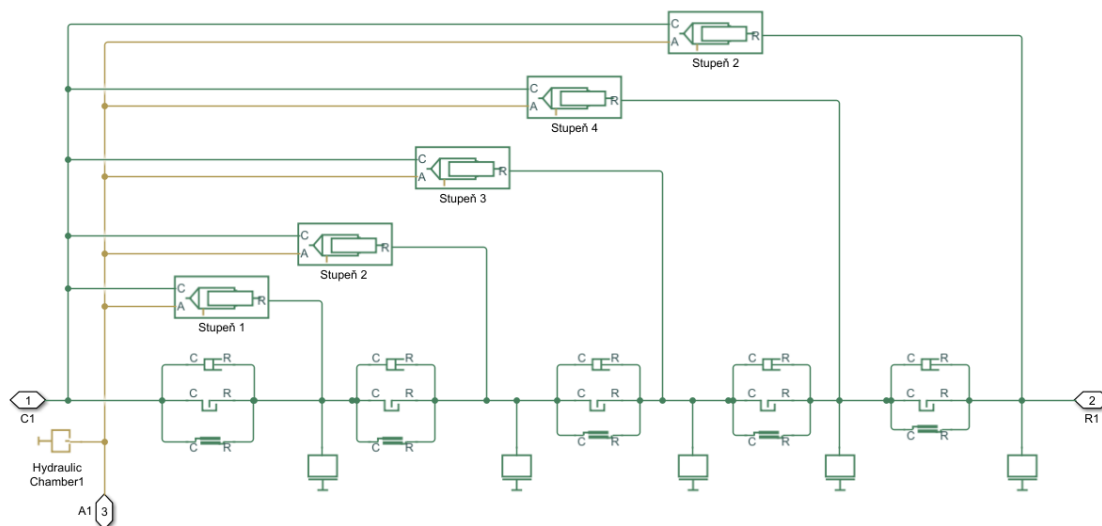
Tento popis bloků je graficky znázorněn na obrázku 6.8.



Obrázek 6.8 Schéma zapojení bloků hydromotoru HM1



Obrázek 6.9 Závislost síly v hydromotoru na poloze pístu



Obrázek 6.10 Stupně HMI

## Filtr

Místo filtru jsem použil blok F, viz obrázek 6.11. Tento blok slouží pro vytvoření odporu pomocí zúžení. Do tohoto bloku jsem nastavil podle křivky tlakového spádu filtru plochu otvoru 6,2 cm<sup>2</sup> viz. tabulka 6.5.



Obrázek 6.11 Značka Filtru

Tabulka 6.5 Nastavení bloku Filtru

Plocha otvoru	6,2	cm <sup>2</sup>
Koeficient průtoku clonou	0,7	-
Specifikace laminárního přechodu	Poměr tlaků	-
Poměr laminárního průtoku	0,999	-



## Hadice

V modelu jsou také zahrnuty hadice. Tyto hadice jsou modelovány pomocí bloku Hadice 1,2,3,4,7 do těchto bloků jsem zadal délku, drsnost a světlost hadice. Značka tohoto bloku viz obr. 6.12.



Obrázek 6.12 Značka Hadice

## Hrdla

Místní ztráty vznikají ve šroubeních (hrdla), proto je potřeba je do modelu zahrnout. V modelu jsou vloženy pomocí bloku H, viz. 6.13, kde jsem nastavil v řádku nejmenší plocha proudění plochu průřezu jednotlivých šroubení.



Obrázek 6.13 Značka Hrdla

## Kapalina

Pro natavení parametru kapaliny, která je v obvodu jsem použil blok kapalina, značka tohoto bloku, viz. obrázek 6.14. Natavení tohoto bloku je v tabulce 6.6.



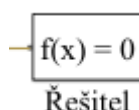
Obrázek 6.14 Značka Kapalina

Tabulka 6.6 Nastavení Bloku Kapalina

Hustota kapaliny	875	$\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Kinematická viskozita	32	$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
Objemový modul pružnosti	1.2e9	Pa
Množství nerozpuštěného vzduchu	0,005	-

## Řešitel

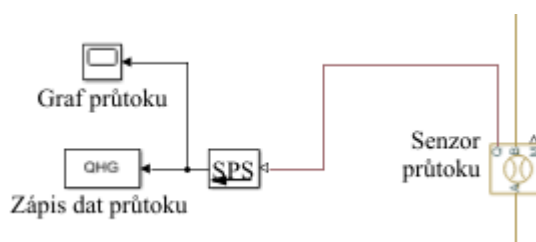
Blok Řešitel obr. 6.15 slouží pro definici použitých rovnic v simulaci.



Obrázek 6.15 Značka Řešitele

## Senzor průtoku hydrogenerátoru

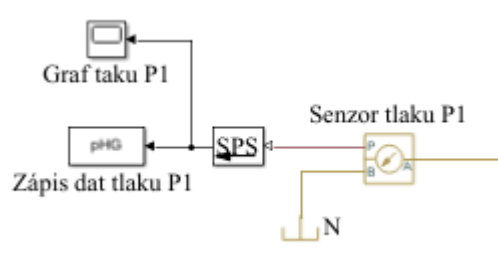
Blok senzoru průtoku, obr. 6.16, slouží k měření průtoku a je do obvodu zapojen sériově. Na port Q je připojen převodník signálu PS-S a převedený signál na  $\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}$  jde do bloku zápisu průtoku a také jde do bloku pro vykreslení grafu.



Obrázek 6.16 Schéma zapojení bloků Senzoru průtoku

## Senzory tlaku

V modelu jsou dva senzory tlaku, schéma zapojení tohoto bloku viz. obrázek 6.17. Jeden měří tlak hydrogenerátoru a druhý měří tlak před hydromotorem. Tyto senzory jsou zapojené do obvodu paralelně. Jeden z výstupu ze senzoru je napojen na nádrž a druhý je připojen na blok převodníku PS-S. Tento převodník převádí signál na MPa a posílá ho do zápisu dat a grafu tlaku.



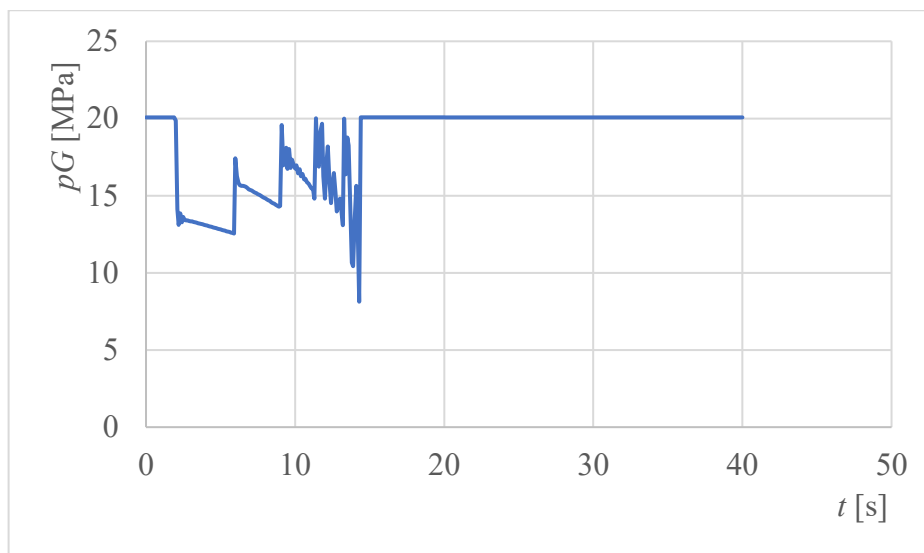
Obrázek 6.17 Schéma zapojení Senzoru tlaku

## 7 Porovnání výsledků simulace

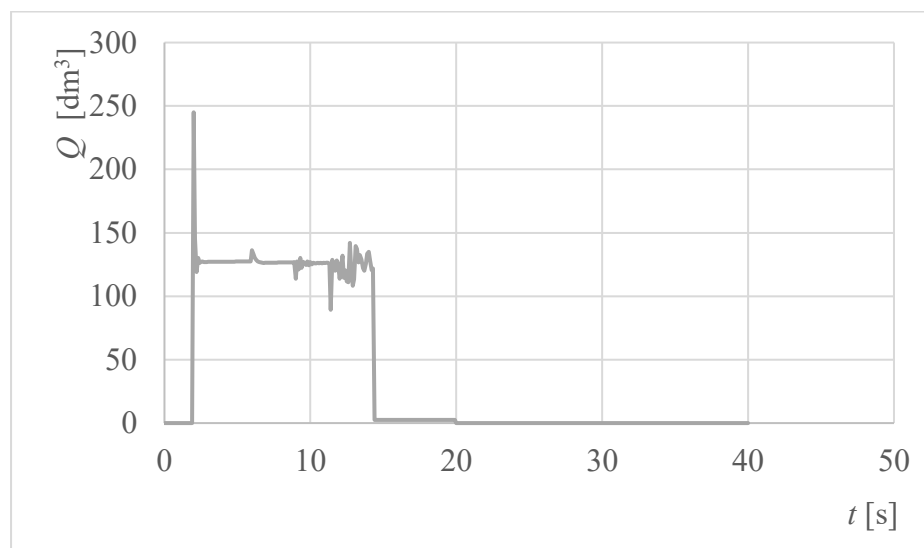
Porovnávat se bude model dle zadání a několik variant modelu. V první variantě se zvětší světlost hadic na 25 mm, v druhé variantě bude zvětšena světlost rozváděčů, další varianta bude kombinace předešlých dvou simulací a poslední varianta bude s většími světlostmi hadic, rozváděčů a větším geometrickým objemem hydrogenerátoru.

### 7.1 Obvod nastaven dle současného stavu

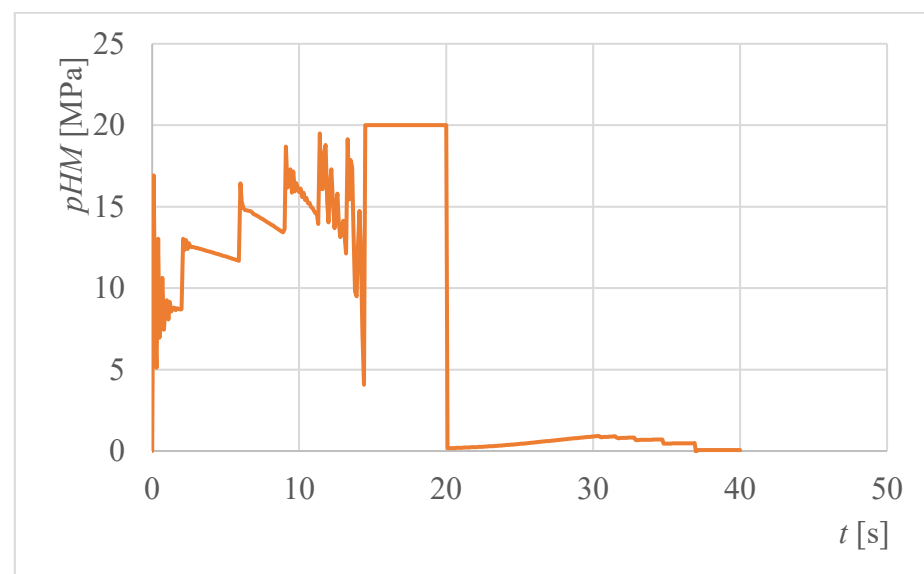
V tomto modelu jsem nastavil všechny prvky tak, aby použité prvky odpovídaly skutečnosti, a zároveň aby rychlost sklápění byla stejná jako je zapsaná v tabulce č. 2.1 pro automobil TATRA T158 6x6 S3. Na obrázku 7.1 je vidět průběh tlaku v hydrogenerátoru v závislosti na čase, na obrázku 7.2 je průběh průtoku kapaliny obvodem v závislosti na čase. Na tomto obrázku je vidět, že průtok kapaliny klesne v 14,5 s, tedy tehdy kdy hydromotor dosáhne maximálního vysunutí. Na obrázku 7.3 je zobrazen průběh tlaku v hydromotoru v závislosti na čase a na obrázku 7.4 je průběh vysunutí pístu hydromotoru v závislosti na čase. Délka vysouvání je 13 s, poté je 5 s hydromotor vysunutý a následně se hydromotor zasouvá 17 s. Celkový čas sklápění činí 35 s.



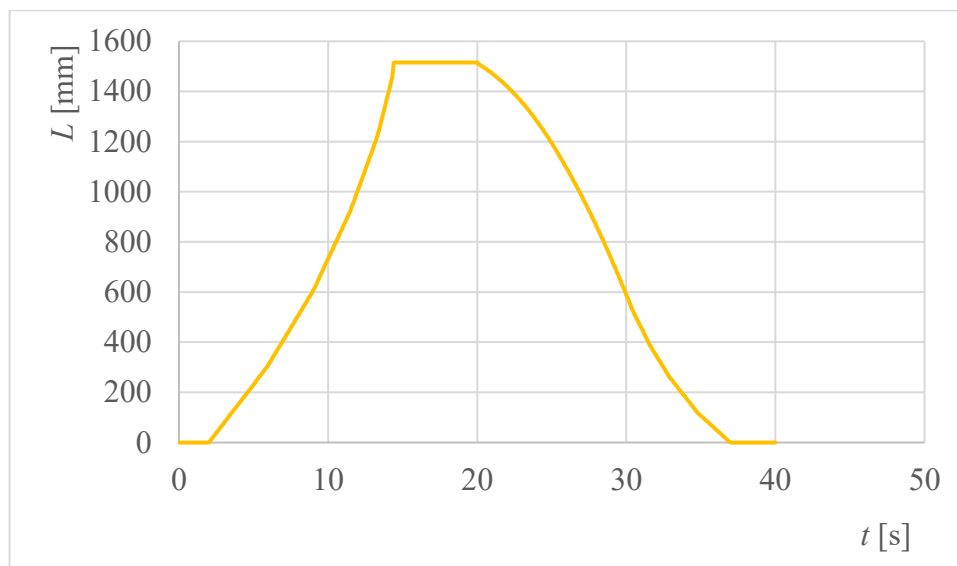
Obrázek 7.1 Průběh tlaku hydrogenerátoru v závislosti na čase



Obrázek 7.2 Průběh průtoku kapaliny hydraulickým obvodem v závislosti na čase



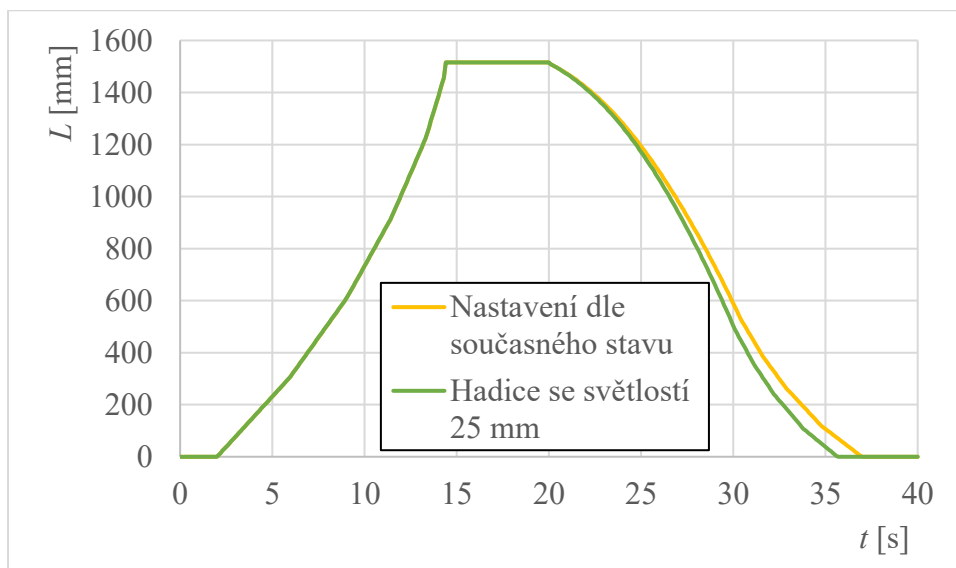
Obrázek 7.3 Průběh tlaku v hydromotoru v závislosti na čase



Obrázek 7.4 Průběh zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase

## 7.2 Obvod s hadicemi o světlosti 25 mm

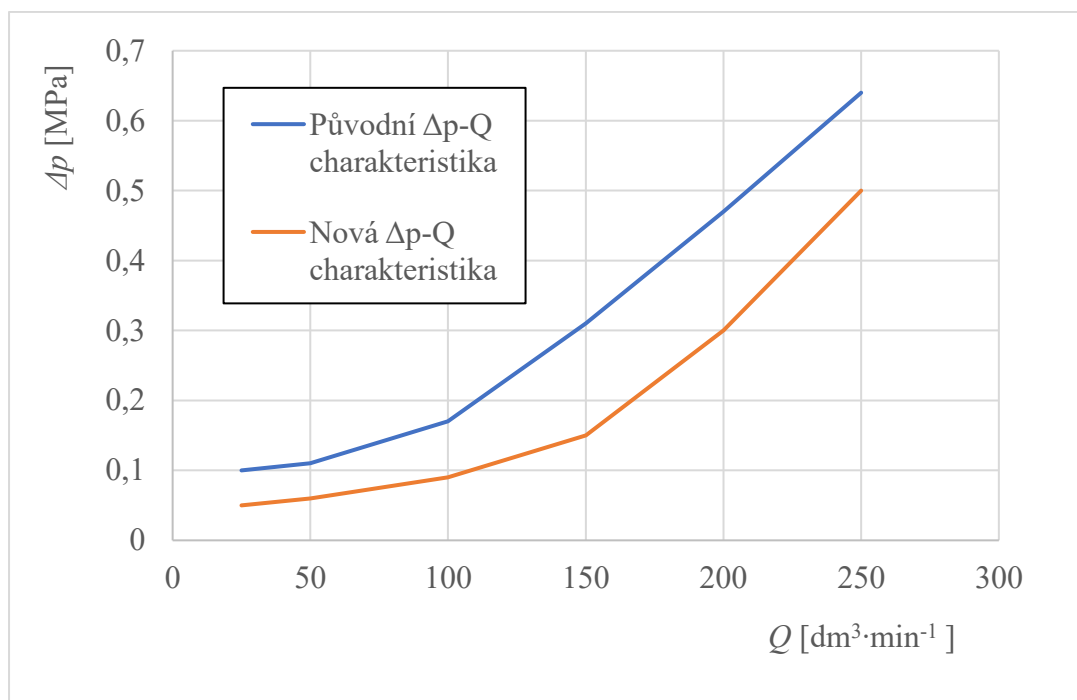
V tomto modelu jsou změněny světlosti hadic na 25 mm - sací hadice zůstala původní. Jelikož nás zajímá čas sklápění a ostatní průběhy se nijak zvlášť neliší od průběhů z kapitoly 7.1 budou se dále porovnávat jen průběhy zdvihu pístu. Na obrázku 7.5 je vidět, že rychlost vysouvání pístu se nijak nezměnila, změnilo se jen zasouvání pístů hydromotoru a to z 17 s na 16 s. To znamená, že celkový čas sklápění se zkrátil o 1 s.



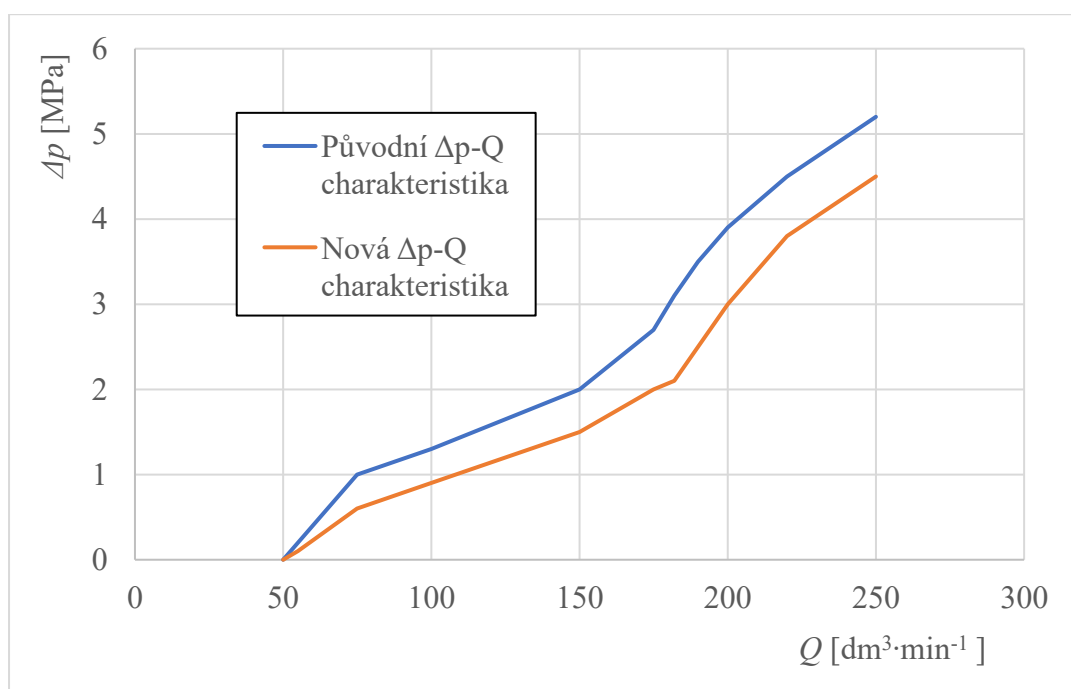
Obrázek 7.5 Průběh zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase

### 7.3 Obvod s většími světlostmi hydraulických rozváděčů R1 a R3

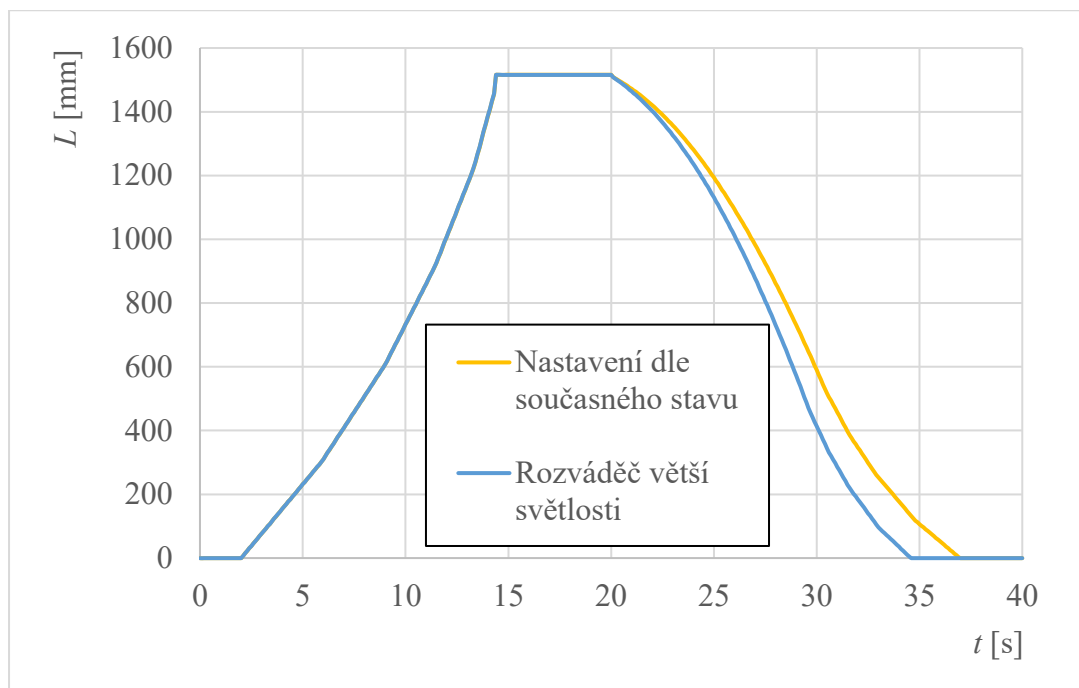
U tohoto modelu byla nastavena  $\Delta p$ - $Q$  charakteristika pro větší typ rozváděčů, viz obrázek 7.6 a 7.7. Opět se bude porovnávat jen průběh zdvihu pístu se změněnou světlostí rozváděčů a se simulací se základním nastavením. Na obrázku 7.8 je vidět, že se čas vysouvání pístů opět nijak nezrychlil ale zasouvání pístů se zrychlilo a trvá 14,5 s to znamená zrychlení sklápění o 2,5 s oproti základnímu modelu.



Obrázek 7.6 Porovnání původní a nové  $\Delta p$ - $Q$  charakteristiky hydraulického rozváděče R1



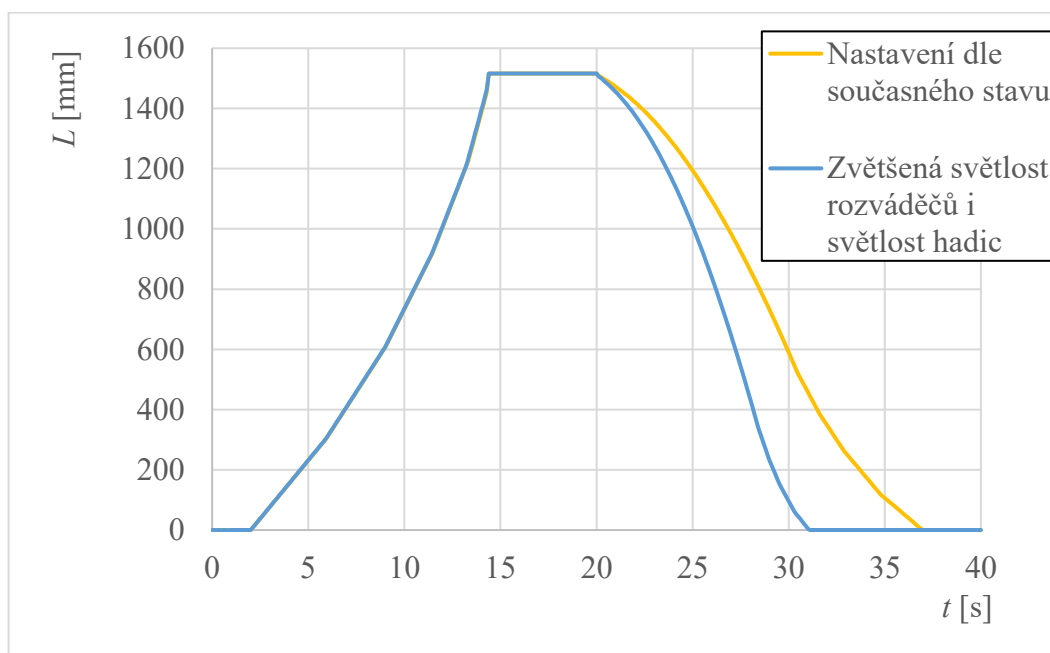
Obrázek 7.7 Porovnání původní a nové  $\Delta p$ - $Q$  charakteristiky hydraulického rozváděče R3



Obrázek 7.8 Průběh zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase

#### 7.4 Obvod s kombinací zvětšení světlosti rozváděčů i světlosti hadic

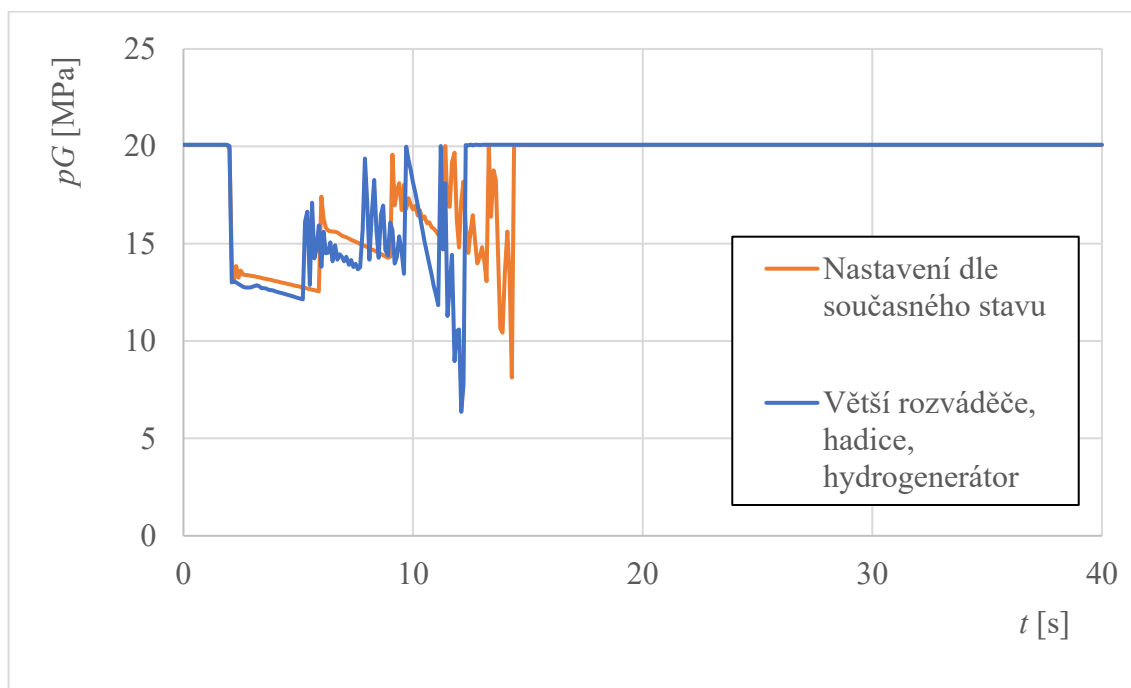
Jak můžeme vidět na obrázku 7.9 tak docela výhodnou variantou je kombinace zvětšení průřezu hadic na 25 mm, hrdel a zvětšení světlosti rozváděčů. Velikost hrdel se volila dle světlosti rozváděče a hadice. Touto kombinací se dostaneme na čas zasouvání pístnic 11 s, což je o 6 s rychlejší než při sklápění se základním nastavením prvků.



Obrázek 7.9 Průběh zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase

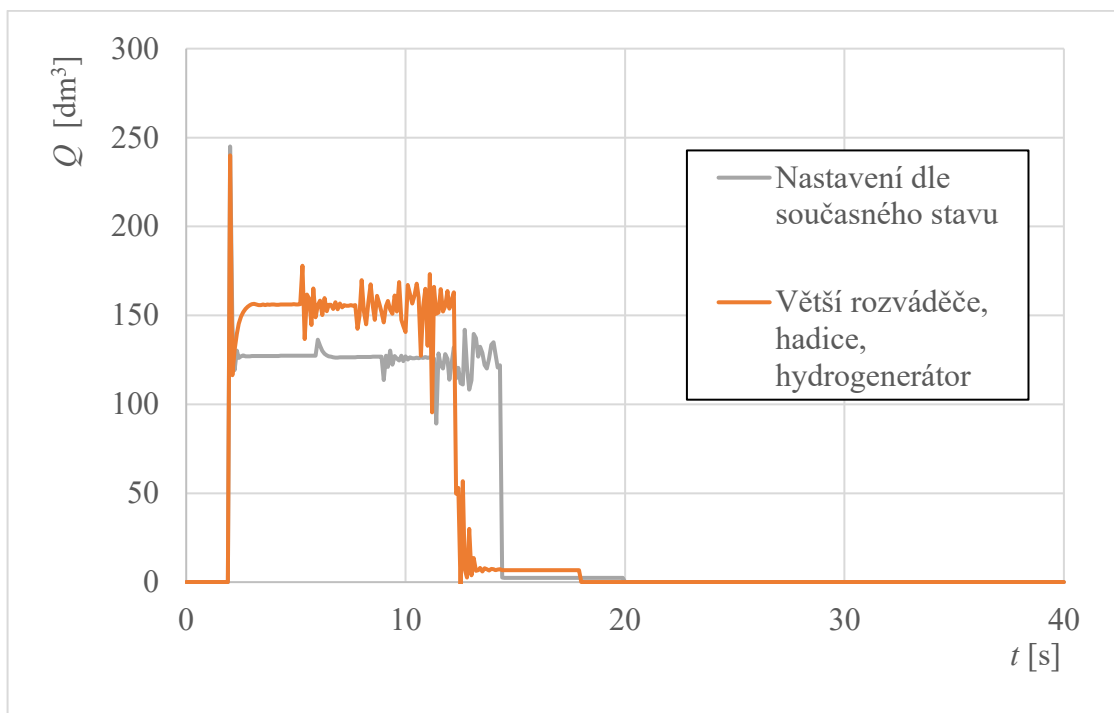
## 7.5 Obvod s většími světlostmi rozváděčů, hadic, větší hydrogenerátor

Jak je vidět na obrázku 7.13 tak největší zrychlení sklápění se dosáhne kombinací zvětšením světlosti rozváděčů, hadic a zvětšením hydrogenerátoru. Toto zvětšení způsobí, že se znění rychlost vysouvání a zasouvání na 11 s a celkový čas sklápění tedy bude 27 s. Na obrázku 7.10 a 7.12 je vidět průběh tlaků porovnaný s průběhem pro základní nastavení. Je zřejmé, že průběhy pro větší rozváděč, hadice a čerpadlo jsou posunuty vlivem rychlejšího dosažení maximálního zdvihu hydromotoru. Na obrázku 7.11 je znázorněno, že průtok je větší u varianty s většími rozměry prvků. Průtok pro základní nastavení je  $Q_{zn} = 126 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  a pro variantu větších rozváděčů hadic a čerpadla je průtok  $Q_{rhč} = 156 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ .

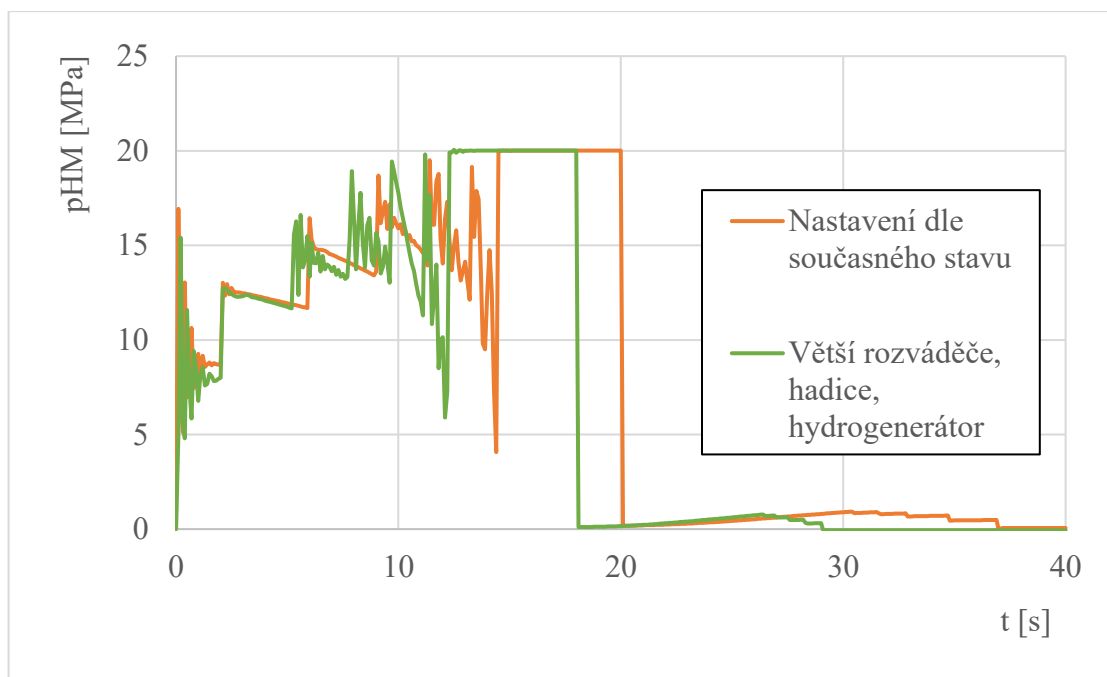


Obrázek 7.10 Průběh tlaku hydrogenerátoru v závislosti na čase

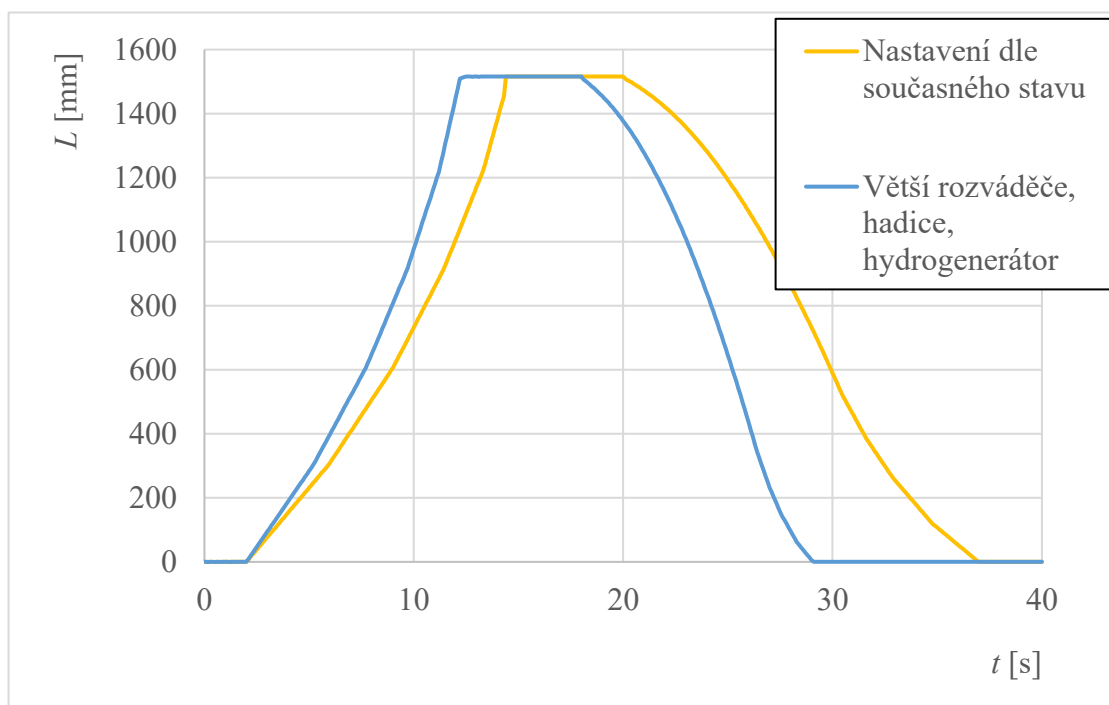




Obrázek 7.11 Průběh průtoku kapaliny hydraulickým obvodem v závislosti na čase



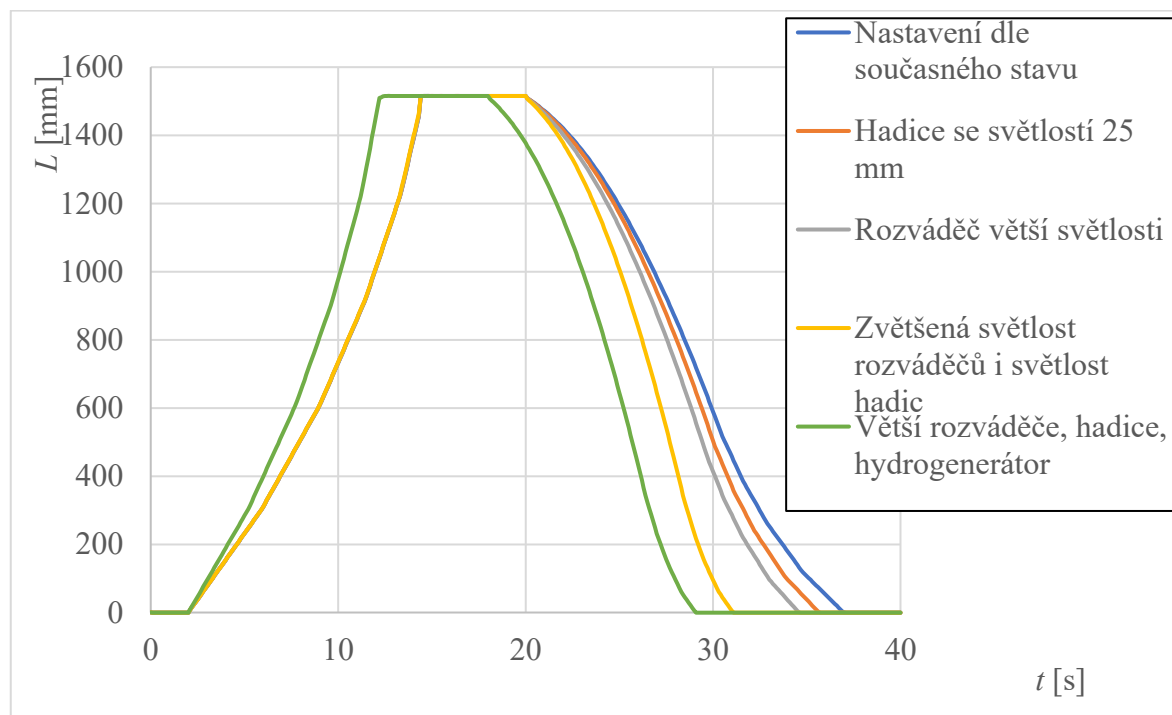
Obrázek 7.12 Průběh tlaku v hydromotoru v závislosti na čase



Obrázek 7.13 Průběh zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase

## 7.6 Výsledné porovnání zdvihu pístu hydromotoru

Z obrázku 7.1 je patrné, že nejrychlejší variantou pro hydraulické sklápění korby je varianta s většími světlostmi rozváděčů, hadic a s větším hydrogenerátorem, naopak nejpomalejší je varianta s hadicemi o světlosti 25 mm.



Obrázek 7.14 Graf průběhu zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase

## 8 Závěr

V této diplomové práci jsem se zabýval celkovým zrychlením sklápění u vozu TATRA T158 6x6 S3.

V úvodu jsem se věnoval popisu druhů sklápěcích nákladních aut. Následně jsem popsal důvod rychlejšího sklápění a také byly popsány síly a tlaky v hydromotoru při zvedání korby.

V další kapitole jsem se věnoval použitým prvkům v hydraulickém obvodu a jejich parametrům. Následně jsem popsal funkci obvodu sklápění a jednotlivé možnosti obvodu jako je zvedání, spouštění korby, funkce koncového spínače a zvedání vlečky.

V kapitole Popis funkce hydraulického obvodu jsme se zabýval teorií modelování a v kapitole 5 jsem se věnoval matematickému modelování a popisem výpočetního software Matlab a jeho knihoven. Následně jsem vytvořil model pro simulaci a popsal jeho nastavení a funkci. Poté jsem provedl několik simulací, ze kterých byly vytvořeny grafy.

Simulace jsem prováděl jak pro nastavení dle současného stavu, tak pro různá nastavení, jako jsou nastavení s hadicemi o světlosti 25 mm, nastavení s většími světlostmi rozváděčů R1 a R3. Tyto dvě varianty nijak zvlášť celkový čas sklápění nezměnily, proto jsem provedl simulaci s kombinací těchto dvou simulací a celkový čas sklápění se zkrátil o 6 s.

Následně jsem ještě provedl simulaci s hadicemi o světlosti 25 mm, s většími světlostmi rozváděčů a s větším geometrickým objemem hydrogenerátoru o geometrickém objem  $V_g = 0,122 \text{ dm}^3$ . Tato varianta zkrátila nejen čas spouštění korby, ale jako jediná zkrátila i čas zvedání. Proto se tato varianta jeví jako nejlepší způsob pro zkrácení času sklápění. Celkový čas sklápění se zkrátil na 27 s, tedy o 8 s oproti základnímu nastavení. Jedná se sice o varianta s nejkratším časem sklápění, ale zároveň je tato varianta velice nákladná, proto bych se přiklonil pro variantu levnější a to kombinací zvětšení světlosti rozváděčů a světlosti hadic.

V grafu na obrázku 7.14 jsou porovnány všechny použité varianty zdvihů pístu hydromotoru v závislosti na čase. Z tohoto obrázku je také zřejmé, že nejrychlejší variantou sklápění je varianta s většími světlostmi rozváděčů a hadic a s větším hydrogenerátorem. Naopak nejpomalejší variantou je varianta z kapitoly 7.2 tedy zapojení s většími světlostmi hadic. Kdy rychlost vysouvání pístu se nijak nezměnila, ale změnila se rychlost zasouvání pístu hydromotoru ze 17 s na 16 s. Celkový čas sklápění se zkrátil o 1 s.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Adamovi Burečkovi, Ph.D za cenné rady a ochotný přístup při tvorbě diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jakubovi Machálkovi za poskytnutí užitečných informací.

Děkuji

## 9 Seznam použité literatury

- [1] Jednostranný sklápěč. *ISeekplant* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://blog.iseekplant.com.au/blog/what-is-a-tipper-truck>
- [2] Dvoustranný sklápěč. *Bagry* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: [http://bagry.cz/cze/bazar/nabidky/nakladni\\_vuz/renault\\_kerax\\_460\\_dxi\\_6x4\\_dvous\\_tranny\\_sklapec\\_bordmatik](http://bagry.cz/cze/bazar/nabidky/nakladni_vuz/renault_kerax_460_dxi_6x4_dvous_tranny_sklapec_bordmatik)
- [3] Stranový sklápěč. *Sidedump* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.sidedump.com/products/truck-mount-boxes>
- [4] Třístranný sklápěč. *Tatra* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.tatra.cz/nakladni-automobily/odvetvovy-katalog/tezarstvi/dalsi-vozy/6x6-jednostranny-sklapec-3/>
- [5] Hydrogenerátor LTMH 100 ISO *O.M.F.B Hydraulic components* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://cdn.omfb.com/media/985/174/03201.pdf>
- [6] Hlavní hydraulický rozváděč 121-016-00103 *O.M.F.B Hydraulic components* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://cdn.omfb.com/media/896/142/14502.pdf>
- [7] Rozdělovač sklápění SEL 250-2. *O.M.F.B Hydraulic components* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://cdn.omfb.com/media/997/121/02202.pdf>
- [8] Binotto s.r.l. označení B DWR 5/1515/213 [cit. 2020-04-20] Dostupné z: interní materiály TATRA
- [9] Filtr RFM BN/HC 185 BD 20 W 1.0/B6. *HYDAC spol. s.r.o* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.hydac.com/cz-cs/firma/kontakty.html>
- [10] Hydraulický olej [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: Interní materiály firmy TATRA
- [11] Schéma hydraulického obvodu [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: Interní materiály firmy TATRA
- [12] Šroubení DKOL. *Hydapress* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: [https://www.hydapress.cz/koncovky\\_dkol](https://www.hydapress.cz/koncovky_dkol)

- [13] Šroubení DKOS. *Hydapress* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: [https://www.hydapress.cz/koncovky\\_dkos](https://www.hydapress.cz/koncovky_dkos)
- [14] Šroubení DKL. *Hydapress* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: [https://www.hydapress.cz/koncovky\\_dkl](https://www.hydapress.cz/koncovky_dkl)
- [15] Hadice 2SC. *GMS* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.gms.cz/hydratec-tekno-2sc>
- [16] Hadice typu 2SC. *T+T Technika a trh* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://m.technikaaatrh.cz/komponenty/hadice-eaton-dynamax-ec881-poskytuje-vysokou-tlakovou-odolnost-v-kombinaci-s-bezkonkurencni-zivotnosti>
- [17] Hadice FMO. *Gumex* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/h/olejova-hadice-fmo-00136>
- [18] Hadice typu FMO. *Garance Slavičín* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.garance-slavicin.cz/hadice/eshop/25-1-Hadice-v-metrazi/249-2-Hadice-pro-oleje-a-benziny/5/2993-Hadice-pro-oleje-a-benziny-FMO-40-50-mm>
- [19] Hadice FMS. *Gumex* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/h/fms-tlakosaci-hadice-pro-oleje-00138>
- [20] Schéma auta *Tatra* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.tatra.cz/nakladni-automobily/tatra-phoenix/dalsi-vozy/6x6-tristranny-sklapec-1/>
- [21] Kozubková, M Modelování a simulace tekutinových mechanismů VŠB – TU Ostrava, 2007, 217s. [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <http://www.338.vsb.cz/seznam.htm>

## Seznam obrázků

Obrázek 1.1 Jednostranný sklápěč .....	4
Obrázek 1.2 Dvoustranný sklápěč <sup>[2]</sup> .....	5
Obrázek 1.3 Stranový sklápěč <sup>[3]</sup> .....	5
Obrázek 1.4 Třístranný sklápěč <sup>[4]</sup> .....	5
Obrázek 2.1 Silové poměry v hydraulickém válci <sup>[20]</sup> .....	7
Obrázek 2.2 Závislost tlaku ve válci na naklopení korby .....	8
Obrázek 2.3 Závislost průběhu síly v hydromotoru na úhlu naklopení korby .....	9
Obrázek 2.4 Závislost průběhu síly v hydromotoru na poloze pístu hydromotoru .....	9
Obrázek 3.1 Hydrogenerátor LTMH 100 ISO <sup>[5]</sup> .....	10
Obrázek 3.2 Závislosti účinnosti na tlaku pro olej VG 22 <sup>[5]</sup> .....	10
Obrázek 3.3 Závislosti účinnosti na tlaku pro olej VG 46 <sup>[5]</sup> .....	11
Obrázek 3.4 Hydraulický rozváděč 121-016-00103 <sup>[6]</sup> .....	11
Obrázek 3.5 Značka Hlavního hydraulického rozváděče R1 .....	12
Obrázek 3.6 Závislosti tlakového spádu na průtoku hlavního rozváděče hydraulického rozváděče <sup>[6]</sup> .....	12
Obrázek 3.7 Závislost tlakového spádu na průtoku pojistného ventilu hydraulického rozváděče <sup>[6]</sup> .....	13
Obrázek 3.8 Rozdělovač sklápění SEL 250-2 <sup>[7]</sup> .....	13
Obrázek 3.9 Závislosti tlakového spádu na průtoku rozdělovače pro volbu sklápění ..	14
Obrázek 3.10 Jednočinný teleskopický hydromotor <sup>[8]</sup> .....	15
Obrázek 3.11 Odpadní filtr <sup>[9]</sup> .....	16
Obrázek 3.12 Závislost tlakového spádu na průtoku u filtru <sup>[9]</sup> .....	17
Obrázek 3.13 Schéma zapojení hadic v hydraulickém obvodu <sup>[11]</sup> .....	18
Obrázek 3.14 Šroubení typ DKOL <sup>[12]</sup> .....	20
Obrázek 3.15 Šroubení typ DKOS <sup>[13]</sup> .....	20
Obrázek 3.16 Šroubení typ DKL <sup>[14]</sup> .....	21
Obrázek 3.17 Hadice typu 2SC <sup>[16]</sup> .....	21
Obrázek 3.18 Hadice typu FMO <sup>[18]</sup> .....	22
Obrázek 3.19 Hadice typu FMS <sup>[19]</sup> .....	22
Obrázek 4.1 Kompletní schéma hydraulického obvodu sklápění .....	25
Obrázek 4.2 Zjednodušené schéma hydraulického obvodu sklápění .....	26
Obrázek 4.3 Schéma zapojení při zvedání korby <sup>[11]</sup> .....	27

Obrázek 4.4 Schéma zapojení při sepnutém koncovém spínači R4 <sup>[11]</sup> .....	28
Obrázek 4.5 Schéma zapojení při spouštění korby <sup>[11]</sup> .....	29
Obrázek 4.6 Schéma zapojení při zvedání vlečky nákladního auta <sup>[11]</sup> .....	30
Obrázek 6.1 Schéma simulačního modelu .....	34
Obrázek 6.2 Schéma zapojení bloků potřebných k HG .....	35
Obrázek 6.3 Značka pojistného ventilu .....	36
Obrázek 6.4 Schéma zapojení bloků pro řízení hydraulického rozváděče R1 .....	36
Obrázek 6.5 Signál rozváděče R1 .....	37
Obrázek 6.6 Schéma zapojení bloků pro řízení hydraulického rozváděče R3 .....	38
Obrázek 6.7 Signál rozváděče R3 .....	39
Obrázek 6.8 Schéma zapojení bloků hydromotoru HM1 .....	40
Obrázek 6.9 Závislost síly v hydromotoru na poloze pístu .....	40
Obrázek 6.10 Stupně HM1 .....	41
Obrázek 6.11 Značka Filtru .....	41
Obrázek 6.12 Značka Hadice .....	42
Obrázek 6.13 Značka Hrdla .....	42
Obrázek 6.14 Značka Kapalína .....	42
Obrázek 6.15 Značka Řešitele .....	43
Obrázek 6.16 Schéma zapojení bloků Senzoru průtoku .....	43
Obrázek 6.17 Schéma zapojení Senzoru tlaku .....	44
Obrázek 7.1 Průběh tlaku hydrogenerátoru v závislosti na čase .....	45
Obrázek 7.2 Průběh průtoku kapaliny hydraulickým obvodem v závislosti na čase ....	45
Obrázek 7.3 Průběh tlaku v hydromotoru v závislosti na čase .....	45
Obrázek 7.4 Průběh zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase .....	46
Obrázek 7.5 Průběh zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase .....	46
Obrázek 7.6 Porovnání původní a nové $\Delta p$ -Q charakteristiky hydraulického rozváděče R1 .....	47
Obrázek 7.7 Porovnání původní a nové $\Delta p$ -Q charakteristiky hydraulického rozváděče R3 .....	47
Obrázek 7.8 Průběh zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase .....	48
Obrázek 7.9 Průběh zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase .....	48
Obrázek 7.10 Průběh tlaku hydrogenerátoru v závislosti na čase .....	49
Obrázek 7.11 Průběh průtoku kapaliny hydraulickým obvodem v závislosti na čase ..	50
Obrázek 7.12 Průběh tlaku v hydromotoru v závislosti na čase .....	50
Obrázek 7.13 Průběh zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase .....	51



Obrázek 7.14 Graf průběhu zdvihu pístu hydromotoru v závislosti na čase.....	51
--	----

## Seznam tabulek

Tabulka 2.1 Časy sklápění .....	6
Tabulka 2.2 Průběhy síly a tlaků v jednočinném teleskopickém hydromotoru .....	7
Tabulka 3.1 Rozměr hydraulického válce <sup>[8]</sup> .....	14
Tabulka 3.2 Průměry jednotlivých stupňů <sup>[8]</sup> .....	15
Tabulka 3.3 Parametry filtru <sup>[9]</sup> .....	16
Tabulka 3.4 Seznam použitých hadic v obvodu.....	19
Tabulka 4.1 Seznam použitých prvku v obvodu .....	24
Tabulka 6.1 Seznam zkratk .....	33
Tabulka 6.2 parametry nastavení hydrogenerátoru .....	35
Tabulka 6.3 Nastavení Otevření, Tlakového spádu a Průtoku rozváděče R1 .....	37
Tabulka 6.4 Nastavení Otevření, Tlakového spádu a Průtoku rozváděče R3 .....	38
Tabulka 6.5 Nastavení bloku Filtru.....	41
Tabulka 6.6 Nastavení Bloku Kapalína.....	43